



Technische Universität Darmstadt
Institut für Arbeitswissenschaft

Dissertation

**Return-on-Investment in der Arbeitswissenschaft:
Qualitäts- und Produktivitätsverbesserungen durch
ergonomische Arbeitsplatzgestaltung**

Dipl.-Kffr. Nicole Neubert

Darmstadt 2013

D17

Dissertation

Return-on-Investment in der Arbeitswissenschaft: Qualitäts- und Produktivitätsverbesserungen durch ergonomische Arbeitsplatzgestaltung

Vom Fachbereich Maschinenbau an der technischen Universität Darmstadt zur Erlangung des akademischen Grades eines Doktors der Philosophie (Dr. phil.) genehmigte DISSERTATION vorgelegt von:

Dipl.-Kffr. Nicole Neubert
aus Erlabrunn

Berichterstatter:	Prof. Dr.-Ing. Ralph Bruder
Mitberichterstatter:	Prof. Dr.-Ing. Eberhard Abele
Tag der Einreichung:	20.06.2013
Tag der mündlichen Prüfung:	26.11.2013

Darmstadt 2013

D17

Disclaimer

Die Ergebnisse, Meinungen und Schlüsse dieser Dissertation sind nicht notwendigerweise die der Volkswagen AG.

Danksagung

Mein besonderer Dank richtet sich an meinen Doktorvater Herrn Prof. Dr.-Ing. Ralph Bruder, Professur für Arbeitswissenschaft der Technischen Universität Darmstadt. Sie haben mir gezeigt, wie wichtig der Gegenstand der Arbeitswissenschaft für die Praxis und zukünftige gesellschaftliche Entwicklungen ist. Neben Ihrem fachlichen Rat hat mich Ihre Unterstützung und insbesondere Ihre Zuversicht fortwährend motiviert und begeistert. Danken möchte ich ebenso Herrn Prof. Dr.-Ing. Eberhard Abele, der sich als Co-Referent meiner Arbeit bereit erklärt hat.

Mein herzlichster Dank gilt meiner fachlichen Betreuerin Frau Dr.-Ing. Begoña Toledo Muñoz, welche mich die letzten drei Jahre von nah und fern in meiner Promotion unterstützt und stets an mich geglaubt hat. Zudem danke ich meinen Vorgesetzten Herrn Norbert Wyrwol und Herrn Dr.-Ing. Jozef Nanaši für die Unterstützung in den letzten Monaten meiner Promotion und insbesondere für die Grundsteinlegung meiner beruflichen Zukunft. Nicht zu vergessen sind meine Kollegen und Freunde Mario Walther und Thomas Kunze, welche mir stets zur Seite standen und ein offenes Ohr für Fragen und Probleme hatten sowie für Motivation und gute Laune sorgten. Ein verdientes Dankeschön richtet sich des Weiteren an alle Studenten für die gute Zusammenarbeit und besonders für die Entlastung während meiner Promotionszeit.

Zudem danke ich Herrn Florian Probst und Herrn Olaf Sellmer, mit deren Hilfe ich meine praktische Untersuchung durchführen konnte und die stets als Ansprechpartner zur Verfügung standen. Weiterhin gilt mein persönlicher Dank Frau Dr. med. Christine Bader für die fachliche Unterstützung in der letzten Phase meiner Promotion.

Ferner möchte ich mich bei dem Doktorandenkolleg Volkswagen und allen Doktoranden bedanken, die mich während der Promotion begleiteten und für Rat und Ermutigungen zu gegen waren. Auch allen Mitarbeitern des Instituts für Arbeitswissenschaft der Technischen Universität Darmstadt gilt mein Dank für den intensiven Austausch auf fachlicher und beruflicher Ebene.

Mein abschließender Dank gilt meiner Familie, welche mich Zeit meines Lebens unterstützt und auf den richtigen Weg gebracht hat. Ich danke meinen Vater Steffen Neubert, der meinen Werdegang initiiert und alle Entscheidungen mitgetragen hat, meiner Mutter Eveline und meiner Schwester Carolin Neubert für ihr Verständnis sowie die liebevollen Aufmunterungen. Und mein aufrichtigster Dank gilt meinen Freunden, die während meiner Promotion viel Rücksicht und Verständnis meiner Arbeit entgegenbrachten.

Zusammenfassung

Die Absicherung einer methodisch richtigen und vollständigen Risikobewertung von Arbeitsplätzen erfolgt durch die stetige Weiterentwicklung von Methoden in der Arbeitswissenschaft. Fortschreitende Tendenzen zeigen, dass diese Entwicklung und die damit verbundene Etablierung in Unternehmen zukünftig eine bedeutende Rolle im produzierenden Gewerbe der Automobilindustrie einnehmen wird. Die Arbeitgeber sind insbesondere durch Gesetze und unternehmerischen Richtlinien den Mitarbeitern verpflichtet, eine ausführbare, erträgliche und zumutbare Arbeitstätigkeit zur Verfügung zu stellen. Dies zeigt sich in dem zunehmenden unternehmerischen Bestreben, Mitarbeiter wertschätzend, gesundheitsgerecht und gleichzeitig wertschöpfend im Produktions- bzw. Unternehmensprozess einzusetzen. Wertschätzung bedeutet in diesem Sinne die alternsgerechte Arbeits- und Prozessgestaltung sowie die konzeptionelle Berücksichtigung sowohl ergonomischer Richtlinien als auch gesellschaftlicher Einflüsse. Unter Wertschöpfung ist dabei die quantitative Messung und Bewertung der resultierenden Effekte aus dem wertschätzenden und gesundheitsgerechten Mitarbeitereinsatz auf die Unternehmenskennzahlen zu verstehen. Die ergonomische Arbeitsplatzgestaltung rückt infolgedessen immer weiter in den Fokus von Automobilunternehmen. Dabei sind in den Planungsprozessen ergonomische Betrachtungen aufgrund fehlender Methoden oder mangelnder Verankerung in den Unternehmensprozessen bisher kaum möglich. Daher wird verstärkt auf nachträgliche bzw. korrektive Gestaltungsmaßnahmen der Arbeitsplätze zurückgegriffen. Dies ist jedoch mit zusätzlichen Kosten verbunden und bedarf gegebenenfalls eine monetäre Erfassung und Bewertung des resultierenden Nutzens.

In der vorliegenden Dissertationsschrift wurde ein betriebswirtschaftlicher Ansatz zur Bewertung der korrektiven ergonomischen Verbesserung von Montagearbeitsplätzen in der Automobilfertigung der Volkswagen AG betrachtet. Hierzu wurde ein Return-on-Investment im Rahmen einer Kosten-Nutzen-Analyse nach den Bedürfnissen einer monetären Bewertbarkeit von ergonomischen Arbeitsplatzgestaltungsmaßnahmen angepasst. Dieses Modell wurde hinsichtlich Funktionalität, Plausibilität und praktischer Anwendung im Produktionsbereich eines Volkswagen-Werkes geprüft. Dabei wurden beeinflusste Kennzahlen mit den entstandenen Kosten ins Verhältnis gesetzt. Im Hinblick einer Produktivitätssteigerung und einer positiven Beeinflussung des Unternehmenserfolgs wurden die Kennzahlen Produktqualität und Fertigungszeit hinsichtlich ihrer Wirkung und Aussagekraft untersucht. Im Fokus einer zunehmenden ergonomischen Ausrichtung der Arbeitsplätze und -prozesse wird aktuell häufig anhand von bestehenden Fehlzeiten der Mitarbeiter argumentiert. Dies veranlasste in vorliegender Forschungsarbeit eine Beurteilung denkbarer Auswirkungen auf den Menschen und einer möglichen monetären Erfassung dieser Einflüsse zusätzlich durchzuführen. Zur Überprüfung einer positiven Wirkung auf den Unternehmenserfolg durch die Umsetzung ergonomischer korrektiver Maßnahmen wurden zwei Montagearbeitsplätze zur Kennzahlenbeurteilung herangezogen. Es zeigte sich trotz verschiedener Wirkungseffekte der Kennzahlen in allen Betrachtungsfällen ein positives Ergebnis.

Inhaltsverzeichnis

Disclaimer	iii
Danksagung	iv
Zusammenfassung	v
Inhaltsverzeichnis	vi
Abbildungsverzeichnis	viii
Tabellenverzeichnis	x
Formelverzeichnis	xii
Abkürzungsverzeichnis	xiii
Symbolverzeichnis	xv
1. Problemstellung	1
1.1. Motivation	1
1.2. Forschungsbedarf und Zielsetzung	3
1.3. Untersuchungsansatz und Aufbau der Arbeit	6
2. Stand der Forschung	8
2.1. Verfahren zur Wirtschaftlichkeitsbetrachtung von Investitionen	8
2.1.1. Traditionelle Wirtschaftlichkeitsanalyse	8
2.1.2. Erweiterte Wirtschaftlichkeitsanalyse	14
2.1.3. Weitere Verfahren	16
2.2. Die Return-on-Investment-Matrix	16
2.2.1. Begriffsdefinition	16
2.2.2. Bestimmungsfaktoren und deren funktioneller Zusammenhang	17
2.2.3. Stärken des ROI zur Bewertung von Einzelinvestitionen	19
2.2.4. Defizite in der Anwendung	20
2.3. Der ROI als Steuerungs- und Führungsmittel	21
2.3.1. Informationsbeschaffung und -bereitstellung	21
2.3.2. Anforderungen an das Informationssystem	21
2.3.3. Systematik und Zielsetzung als Basis der Kennzahlenbewertung	22
2.3.4. Steuerung und Führung durch ROI	24
2.4. Schlussfolgernde Betrachtung	25
3. Entwicklung eines Konzeptes zur monetären Bewertung von ergonomischen Gestaltungsmaßnahmen	28
3.1. Anforderungen an die ergonomische Arbeitsplatzgestaltung	28
3.2. Bedeutung für die Fachdisziplin Betriebswirtschaftslehre	33
3.2.1. Grundannahmen ökonomischen Handelns	33
3.2.2. Herausforderungen einer Kosten-Nutzen-Analyse	36
3.3. Bedeutung für die Fachdisziplin Arbeitswissenschaft	38
3.3.1. Gegenstand der Arbeitswissenschaft unter Einbeziehung wirtschaftlicher Faktoren	38
3.3.2. Herausforderungen bei der Planung und Bewertung von Arbeitssystemen	42
3.4. Monetäre Auswirkungen ergonomischer Arbeitsplatzgestaltungsmaßnahmen auf Unternehmenskennzahlen	44

3.4.1.	Betrachtung der Kennzahlen als Einflussgrößen.....	44
3.4.2.	Kosten und Einsparungspotenziale der Kennzahlen	59
3.5.	Kosten- und Nutzenmodellierung der untersuchten Kennzahlen mithilfe eines ROI	62
3.6.	Schlussfolgernde Betrachtung	64
4.	Empirische Überprüfung der Anwendbarkeit des ROI in der ergonomischen Praxis.....	66
4.1.	Ausgangssituation	66
4.2.	Auswahl der Arbeitsplätze.....	67
4.3.	Datenaufnahme und -aufbereitung.....	68
4.4.	Untersuchung der Auswirkungen ergonomischer Gestaltungsmaßnahmen anhand ausgewählter Arbeitsplätze	78
4.4.1.	Arbeitsplatz 1 - Montage des Steuergeräts	78
4.4.2.	Arbeitsplatz 2 - Montage der Klemmleiste an der A-Säule	96
4.5.	Kosten-Nutzen-Analyse betrachteter Maßnahmen	109
5.	Diskussion	114
5.1.	Beurteilung aus wissenschaftlicher Sicht	114
5.1.1.	Überprüfung der These.....	114
5.1.2.	Beurteilung der gewählten Kennzahlen und deren Anwendung	115
5.1.3.	Würdigung des gewählten Analyseverfahrens	118
5.2.	Diskussion unternehmerischer Gesichtspunkte	119
5.2.1.	Wirkung des Führungsverhaltens auf Gesundheit und Wohlbefinden der Mitarbeiter	119
5.2.2.	Produktivitätsmanagement als Teil des Führungssystems.....	120
6.	Fazit und Ausblick	122
6.1.	Fazit zur Konzeption eines betriebswirtschaftlichen Bewertungsmodells von Maßnahmen zur ergonomischen Arbeitsplatzgestaltung	122
6.2.	Ausblick in weitere Forschungsthemen.....	124
	Literaturverzeichnis.....	126
	Anhang	137
A.	Gesetzliche und staatliche Regulierungsinstrumente.....	137
B.	Systematische Erfassung der Tätigkeitseinschränkungen bei Volkswagen.....	139
C.	Auswertung FIS-eQS-Daten des Jahres 2011.....	141
D.	Auswertung FIS-eQS-Daten des Jahres 2012.....	143
E.	Ergonomic Assessment Worksheet Version V1.3.3.....	145

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Kennzahlenbezogene Wirkung der ergonomischen Arbeitsplatzgestaltung auf den Unternehmenserfolg.....	5
Abbildung 2: Methoden der Investitionsrechnung.....	9
Abbildung 3: Balance Scorecard	23
Abbildung 4: Anforderungen an die Gestaltung eines Arbeitsplatzes zur Belastungsreduzierung des Mitarbeiters.....	29
Abbildung 5: Schätzung der volkswirtschaftlichen Produktionsausfälle der Volkswagen AG durch Arbeitsunfähigkeit im Jahr 2012.....	30
Abbildung 6: Prinzipien wirtschaftlichen Verhaltens	35
Abbildung 7: Der Effekt von menschengerechter Arbeitsplatzgestaltung auf Leistung und Wohlbefinden des Mitarbeiters.....	41
Abbildung 8: Ganzheitliche Kosten-Nutzen-Betrachtung	43
Abbildung 9: Mögliche Verluste infolge von Qualitätsdefiziten	45
Abbildung 10: Datenkarte des universellen Analysiersystems zur Zeitermittlung der Grundvorgänge	49
Abbildung 11: Darstellung der unterschiedlichen Reichweitenbereiche.....	50
Abbildung 12: Altersstruktur des direkten und indirekten Bereichs der Volkswagen AG im Jahr 2012	52
Abbildung 13: Fehlzeiten der Volkswagen AG im Jahr 2012	54
Abbildung 14: Clusterung von Tätigkeitseinschränkungen nach Häufigkeit im direkten Bereich der Volkswagen AG im Jahr 2012.....	56
Abbildung 15: Einsatz von Mitarbeitern mit Tätigkeitseinschränkungen mithilfe der Personal Service Unit.....	57
Abbildung 16: Kostenaspekte der Fehlervermeidung im Vergleich zur Fehlerbehebung entlang des Produktentstehungsprozess	60
Abbildung 17: Struktur eines Prozessplans in Arbeitsplan.....	69
Abbildung 18: Beispielhafte Beschreibung einer Arbeitsfolge durch Zeitbausteine	70
Abbildung 19: Ein beispielhaftes Standardarbeitsblatt „Methode“	71
Abbildung 20: Risikobeurteilung nach dem Ergonomic Assessment Worksheet	72

Abbildung 21: Altersstruktur der betreffenden Montagelinie im Jahr 2012	75
Abbildung 22: Fehlzeitenquote der betrachteten Montagelinie in den Jahren 2011 und 2012.....	76
Abbildung 23: Auswahl von Tätigkeitseinschränkungen der zu untersuchenden Montagelinie 2012 nach Häufigkeit	77
Abbildung 24: Montage des Steuergeräts ohne ergonomisches Hilfsmittel	78
Abbildung 25: Werkermitfahrbänder	84
Abbildung 26: Einsatz und Verwendung des ergonomischen Montagesitzes am Arbeitsplatz	90
Abbildung 27: Montage des Steuergeräts mit ergonomischen Montagesitz und der Verwendung eines EC-Schraubers	92
Abbildung 28: Montage der Klemmleiste an der A-Säule	97
Abbildung 29: Montage der Klemmleiste an der A-Säule ohne ergonomisches Hilfsmittel.....	99
Abbildung 30: Montage der Klemmleiste an der A-Säule mithilfe eines ergonomischen Montagesitzes	103
Abbildung 31: Montage der Klemmleiste an der A-Säule unter Verwendung des ergonomischen Montagesitzes	105
Abbildung 32: Deckblatt und Extrapunkte	145
Abbildung 33: Körperhaltung	146
Abbildung 34: Aktionskräfte und manuelle Lastenhandhabung.....	147
Abbildung 35: Kurzzyklische, repetitive Tätigkeiten und obere Extremitäten	148

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Beispiele für Qualitätsdefizite in der Fahrzeugmontage in Verbindung mit ergonomisch ungünstiger Arbeitsplatzgestaltung.....	47
Tabelle 2: Untersuchungsgegenstand bestehend aus zwei Montagearbeitsplätzen und deren realisierten Maßnahmen.....	67
Tabelle 3: Fertigungszeit bei der Montage des Steuergeräts ohne ergonomisches Hilfsmittel – nach Szenario 0	79
Tabelle 4: Ergonomiebewertung zur Montage des Steuergeräts ohne ergonomisches Hilfsmittel – nach Szenario 0	81
Tabelle 5: Identifikation von Fehlerarten und deren Nacharbeitszeit bei der Montage des Steuergeräts	82
Tabelle 6: Auftretende Tätigkeitseinschränkungen bei der Montage des Steuergeräts ohne ergonomisches Hilfsmittel – nach Szenario 0	83
Tabelle 7: Vergleich der Fertigungszeit bei der Montage des Steuergeräts vor und nach Verbau der Werkermitfahrbänder – nach Szenario 1.....	85
Tabelle 8: Ergonomiebewertung zur Montage des Steuergeräts nach Verbau der Werkermitfahrbänder – nach Szenario 1	86
Tabelle 9: Vergleich der Fehlerhäufigkeit bei der Montage des Steuergeräts vor und nach Verbau der Werkermitfahrbänder mit der dazugehörigen Nacharbeitszeit – nach Szenario 1.....	87
Tabelle 10: Auftretende Tätigkeitseinschränkungen bei der Montage des Steuergeräts nach Verbau der Werkermitfahrbänder – nach Szenario 1.....	88
Tabelle 11: Kennzahlenbezogene Wirkung bei der Montage des Steuergeräts durch Verbau der Werkermitfahrbänder	89
Tabelle 12: Vergleich der Fertigungszeit bei der Montage des Steuergeräts ohne / mit ergonomischen Montagesitz – nach Szenario 2	91
Tabelle 13: Ergonomiebewertung zur Montage des Steuergeräts mit ergonomischen Montagesitz und EC-Schrauber – nach Szenario 2	93
Tabelle 14: Veränderung der Fehlerhäufigkeit bei der Montage des Steuergeräts im Vergleich vor und nach Einsatz des Montagesitzes – nach Szenario 2.....	94
Tabelle 15: Auftretende Tätigkeitseinschränkungen bei der Montage des Steuergeräts mit ergonomischen Montagesitz und EC-Schrauber – nach Szenario 2.....	95

Tabelle 16: Kennzahlenbezogene Wirkung bei der Montage des Steuergeräts durch Einsatz des ergonomischen Montagesitzes und EC-Schrauber	96
Tabelle 17: Fertigungszeit bei der Montage der Klemmleiste an der A-Säule ohne ergonomisches Hilfsmittel – nach Szenario 0.....	98
Tabelle 18: Ergonomiebewertung zur Montage der Klemmleiste an der A-Säule ohne ergonomisches Hilfsmittel – nach Szenario 0.....	100
Tabelle 19: Identifikation von Fehlerarten und deren Nacharbeitszeit bei der Montage der Klemmleiste an der A-Säule.....	101
Tabelle 20: Auftretende Tätigkeitseinschränkungen bei der Montage der Klemmleiste an der A-Säule ohne ergonomisches Hilfsmittel – nach Szenario 0	102
Tabelle 21: Vergleich der Fertigungszeit bei der Montage der Klemmleiste an der A-Säule ohne / mit ergonomischen Montagesitz – nach Szenario 1	104
Tabelle 22: Ergonomiebewertung zur Montage der Klemmleiste an der A-Säule mit einem ergonomischen Montagesitz – nach Szenario 1	106
Tabelle 23: Veränderung der Fehlerhäufigkeit bei der Montage der Klemmleiste an der A-Säule im Vergleich vor und nach Einsatz des Montagesitzes – nach Szenario 1	107
Tabelle 24: Auftretende Tätigkeitseinschränkungen bei der Montage der Klemmleiste an der A-Säule mit ergonomischen Montagesitz – nach Szenario 1	107
Tabelle 25: Kennzahlenbezogene Wirkung bei der Montage der Klemmleiste durch Einsatz des ergonomischen Montagesitzes	108
Tabelle 26: Monetäre Bewertung Arbeitsplatz 1 – Vergleich der Szenarien 0-1	110
Tabelle 27: Monetäre Bewertung Arbeitsplatz 1 – Vergleich der Szenarien 1-2	112
Tabelle 28: Monetäre Bewertung Arbeitsplatz 2 – Vergleich der Szenarien 0-1	113
Tabelle 29: Gesetzliche und staatliche Regulierungsinstrumente zur ergonomischen Arbeitsplatzgestaltung	137
Tabelle 30: Nach Clustern abgebildete Tätigkeitseinschränkungen	139
Tabelle 31: Auswertung der Fehlerdaten aus FIS-eQS zum Gesamtjahr 2011.....	141
Tabelle 32: Auswertung der Fehlerdaten aus FIS-eQS zum Gesamtjahr 2012.....	143

Formelverzeichnis

Formel 1: Kapitalrentabilitätsberechnung	11
Formel 2: Berechnung des Kapitalwerts.....	12
Formel 3: Komponentensatz I der Return-on-Investment-Rentabilität.....	18
Formel 4: Komponentensatz II des Return-on-Investment-Kapitalumschlags.....	18
Formel 5: Herausbildung des Return-on-Investment aus den Faktoren Umsatz, Gewinn und investiertes Kapital	18
Formel 6: Bewertung von Einzelinvestitionen.....	19
Formel 7: Ergebnis-Einsatz-Relationen nach Töpfer.....	32
Formel 8: Wirtschaftlichkeitsbeurteilung	34
Formel 9: Berechnung des Fehlzeitenstands	53
Formel 10: Gewinnanteil der Investition bestehend aus den Kennzahlen Qualität und Produktivität und den Mitarbeiter als zusätzlichen Faktor	63
Formel 11: Das investierte Kapital bestehend aus direkten und indirekten Kosten	63
Formel 12: Return-on-Investment-Betrachtung ergonomischer Arbeitsplatzgestaltungsmaßnahmen ...	64
Formel 13: Berechnung der Amortisationsdauer	109

Abkürzungsverzeichnis

3P	Produktions-Planungs-Prozess
AMI	Associazione MTM Italia
AP-Ergo	Subsystem von Arbeitsplan
APMS	Arbeitsplatzmanagementsystem
ArbSchG	Arbeitsschutzgesetz
ArbstättV	Arbeitsstättenverordnung
ASiG	Arbeitssicherheitsgesetz
AU-Tage	Arbeitsunfähigkeitstage
BAuA	Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin
BaustellV	Baustellenverordnung
BetrVG	Betriebsverfassungsgesetz
BGen	Berufsgenossenschaften
BildscharbV	Bildschirmarbeitsverordnung
EAWS	Ergonomic Assessment Worksheet
EC	Electronically commutated, elektronisch gleichgerichtet / kommutiert
EG	Europäische Gemeinschaft
eQS	Elektronische Qualitätssicherung
EU	Europäische Union
EWG	Europäische Wirtschaftsgemeinschaft
F-Zeit	Fertigungszeit
FIS	Fertigungs-, Informations- und Steuerungssystem
GfA	Gesellschaft für Arbeitswissenschaft
Golf +	Golf Plus
Golf NF	Golf Nachfolgermodell, Golf 7. Generation
Golf VG	Golf Vorgängermodell, Golf 6. Generation
HFE	human factors / ergonomics

i. O.	in Ordnung (sachgemäß verbaute Bauteile)
IAD	Institut für Arbeitswissenschaft Darmstadt
KVP	Kontinuierlicher Verbesserungsprozess
LasthandhabV	Lastenhandhabungsverordnung
MTM	Method Time Measurement
n. i. O.	nicht in Ordnung (nicht sachgemäß verbaute Bauteile)
ROI	Return-on-Investment
SGB	Sozialgesetzbuch
TMU	Time Measurement Unit
TÜV	Technischer Überwachungsverein
UAS	Universelles Analysiersystem
WHO	World Health Organization

Symbolverzeichnis

a_t	Auszahlung während der Nutzungsdauer und Fälligkeit am Ende des Jahres t
CV	cost value, Kosten
DC	direct costs, direkte Kosten
e_t	Einzahlung während der Nutzungsdauer und Fälligkeit am Ende des Jahres t
EV	ergonomic value, Gewinn, Rückflüsse
i	Diskontierungszinssatz
I_0	Anschaffungsauszahlung
IC	indirect costs, indirekte Kosten
L_T	Liquiditätserlös am Ende der Nutzungsdauer T
n	die Häufigkeit der Tätigkeit oder Bauteile
PV	productivity value, Produktivität
QV	quality value, Qualität
t	Zeitindex (Ist-Zustand)
$t+1$	Zeitindex (zukünftiger Zustand)
$t-1$	Zeitindex (vergangener Zustand)
t_g	Grundzeit
$t_g \cdot n$	Grundzeit nach Häufigkeit
t_e	Grundzeit nach Häufigkeit inklusive Verteilzeit
T	Nutzungsdauer der Investition in Jahren
y	additional factors, zusätzlicher Faktor „Mitarbeiter“

1. Problemstellung

Begründet durch soziodemografische Einflüsse und wettbewerbsrelevante Veränderungen richtet die Automobilindustrie verstärkt den Fokus auf ergonomische Schwerpunkte (Spelten & Landau, 2011, 23 f.; Fritzsche, 2010, S. 287; vgl. Winter, 2011). Die wachsende Bedeutung der ergonomischen Arbeitsgestaltung ist in allen Branchen bekannt und fordert eine Umsetzung in die Praxis (vgl. Neubert et al., 2012a; vgl. Schaub et al., 2003; vgl. Gerke, 2002; vgl. Landau, 1999). Gestützt wird dies durch gesetzliche Regelungen, die zum Teil auf EU-Richtlinien basieren oder aus der Sozialgesetzgebung hervorgehen. Neben der Gesetzgebung unterstützen des Weiteren normative Faktoren, wie Rahmentarifverträge (z. B. Entgeltrahmentarif-Vereinbarungen) und unternehmensspezifische Strategien, bei der Verankerung der Ergonomie in Organisationsstrukturen und -prozessen der Unternehmen.

Automobilunternehmen weltweit haben in den vergangenen Jahren zunehmend ergonomische Aspekte sowohl bei der Planung von Arbeitsplätzen berücksichtigt als auch an bestehenden Arbeitsplätzen umgesetzt. Im produzierenden Gewerbe, in den hier untersuchten Beispielen der Automobilfertigung, liegen die bisherigen Schwerpunkte einer menschengerechten Arbeitsplatzgestaltung vorwiegend im Montagebereich. Dazu boten sich in der Vergangenheit zur grundlegenden Verbesserung der Montagearbeitsplätze besonders Umbaumaßnahmen infolge eines Modellwechsels an. Auch korrektive Maßnahmen nach Produktionsstart führten zum Erfolg. So gelang es, die ergonomisch kritischen Arbeitsplätze stetig zu verbessern. Im Vordergrund der menschengerechten Arbeitsplatzgestaltung steht dabei ein wertschätzender, gesundheitsgerechter und zugleich wertschöpfender Einsatz der Menschen im Arbeitsgeschehen. Dies gilt perspektivisch für alle Produktionsbereiche.

1.1. Motivation

Gesetzlich ist der Arbeitgeber nach §3 Absatz 1 des Arbeitsschutzgesetzes (ArbSchG) verpflichtet Maßnahmen des Arbeitsschutzes zu ergreifen und deren Wirksamkeit zu überprüfen. Dabei gilt es, u. a. den Gesundheitsschutz der Beschäftigten zu verbessern und abzusichern. Weiterhin besitzt der Arbeitgeber nach §4 ArbSchG die Pflicht Arbeitsplätze derart zu gestalten, dass Gesundheitsbeeinträchtigungen und ungünstige ergonomische Gegebenheiten unter Beachtung der Arbeitsschutz- und Arbeitssicherheitsrichtlinien vermieden werden. Hierzu zählen auch Ereignisse, wie Unfälle und Verletzungen, die nicht im unmittelbaren Zusammenhang mit den ergonomischen Arbeitsbedingungen stehen. Als ergonomisch ungünstig wird dabei die nicht optimale wechselseitige Anpassung zwischen dem Menschen hinsichtlich seiner Leistungsmöglichkeiten und -grenzen sowie den Arbeitsbedingungen bezeichnet (Schlick et al., 2010, S. 6). Daher haben sowohl Arbeitnehmer als auch Arbeitgeber ein großes Interesse an der Gestaltung von ergonomischen Arbeitsplätzen. Im Zuge dessen sollten existierende Richtlinien und Verordnungen (s. Anhang A) laut den bekannten rechtlichen Forderungen zur ergonomischen

Arbeitsplatzgestaltung eingehalten und zielgerichtet verfolgt werden. Diese unterstützen Unternehmen die ergonomische Gestaltung von Arbeitsplätzen fortschreitend in die Unternehmensstruktur und -organisation zu etablieren.

Unter Berücksichtigung des demografischen Wandels und der stetig alternden Belegschaft wird ein Handlungsbedarf im Hinblick einer ergonomischen Gestaltung von Arbeitsplätzen zunehmend deutlicher. Der demografische Wandel umfasst Tendenzen der Bevölkerungsentwicklung hinsichtlich einer grundlegenden Veränderung der Altersstruktur der Gesellschaft (Brandenburg & Domschke, 2007, S. 17). Ursachen hierfür sind die sinkende Geburtenrate bei einer wachsenden Lebenserwartung der Menschen. Diese Entwicklung fordert insbesondere Aktivitäten zur Förderung und Absicherung der produktionstechnologischen Qualifizierung und Kompetenz. Hierzu gehören zur Steigerung der Lernfähigkeit im Alter neue Formen des Lernens und Wissenstransfers. Um zudem einen Fachkräftemangel entgegen zu wirken, ist es neben der Anpassung und Erweiterung von Personalkonzepten (bspw. Frauenförderung, Integration von Produktionskräften mit Migrationshintergrund) erforderlich, sich vermehrt mit den Motiven Lebensqualität und Gesundheit auseinanderzusetzen (Abele & Reinhart, 2011, S. 19 f.; Abele & Reinhart, 2011, S. 23 f.; Abele & Reinhart, 2011, S. 151 ff.). Ein unternehmerisches Ziel ist es, mit Blick auf ein steigendes Renteneintrittsalter allen Mitarbeitergenerationen ein gesundes Arbeitsleben zu ermöglichen (Bruder, 2013, S. 632). Hierbei ist die Umsetzung unter Verweis auf Gesetze und Richtlinien jedoch nicht immer ausreichend und aus Unternehmenssicht mit Fragen nach Effizienz und Wirtschaftlichkeit verbunden.

Da die Arbeitswissenschaft die Arbeit des Menschen aus verschiedenen Blickwinkeln betrachtet und gleichzeitig auch aus betriebswirtschaftlicher Sicht das Maximalprinzip, bspw. optimale Gestaltung des Arbeitsplatzes und -systems sowie Sicherheit und Gesundheit am Arbeitsplatz, verfolgt, gilt es in der vorliegenden Arbeit die Wirkung der ergonomischen Arbeitsplatzgestaltung auf Unternehmenskennzahlen und Unternehmenserfolg zu untersuchen. In vergangenen Studien (vgl. Landau, 2002; vgl. Spelten, 2007; vgl. Gerke, 2002; vgl. Elias, 1985) wurde mehrfach versucht, betriebswirtschaftliche Effekte ergonomischer Gestaltungsmaßnahmen transparent zu berechnen. Als Herausforderung erwies sich hierbei die Datenbeschaffung und -bereitstellung auf Unternehmensseite. Der Bezug zum Menschen in einer wirtschaftlichen Betrachtung wird zudem durch die Einhaltung des Daten- und Persönlichkeitsschutzes der Mitarbeiter erschwert. Demnach werden in den Richtlinien der Arbeitnehmervertretung explizit Datenauswertungen ausgeschlossen, in denen Rückschlüsse auf den Mitarbeiter gezogen werden könnten. Aktuell ist es gängige Praxis seitens des Managements die Effekte einer ergonomischen Arbeitsplatzgestaltung vor dem Hintergrund von Fehlzeiten zu bewerten. In Anbetracht von saisonalen Schwankungen wie Grippewellen und anderen wirtschaftlichen Einflüssen ist die alleinige Betrachtung von Fehlzeiten kritisch zu bewerten. In diesem Zusammenhang sei auf diskutierte Phänomene wie Präsentismus und Absentismus verwiesen: Als Präsentismus wird die Anwesenheit des Mit-

arbeiters trotz Krankheit oder Unwohlsein bezeichnet (Brandenburg & Nieder, 2009, S. 17). Das Gegenteil hierzu ist Absentismus. In diesem Fall bleibt der Mitarbeiter planmäßig oder motivationsbedingt der Arbeit fern (Brandenburg & Nieder, 2009, S. 29).

Demzufolge ist für eine wirtschaftliche Betrachtung der ergonomischen Arbeitsplatzgestaltung und der resultierenden Effekte eine Erhebung unternehmens- und betriebsbezogener Daten als auch weiterer relevanter Parameter unerlässlich. Hierzu gilt es, ein nachvollziehbares und auch praktikables betriebswirtschaftliches Verfahren zur Bewertung finanzwirtschaftlicher Effekte der Arbeitsplatzgestaltung auf Unternehmenskennzahlen zu identifizieren. Weiterhin sollte die Relevanz einzubeziehender Kennzahlen hinsichtlich Plausibilität und Funktionalität geprüft werden. Hierzu bieten sich Arbeitsplätze aus der unternehmerischen Praxis an. Unterstützend wirken die stetige Einbeziehung gesicherter arbeitswissenschaftlicher Erkenntnisse zu Bewertungsmethoden und die bereits gewonnenen Erkenntnisse und Erfahrungen aus der Anwendung.

1.2. Forschungsbedarf und Zielsetzung

Der Erfolg der Ergonomie ist unternehmensseitig an bestimmte Rahmenbedingungen gekoppelt. Dazu gehören das Vorhandensein von Bewertungswerkzeugen und der Einsatz von geschultem Personal. Für eine Umsetzung von ergonomischen Maßnahmen sind nach Möglichkeit alle unternehmerischen Ebenen in den Gestaltungsprozess einzubeziehen. Das Bewusstsein über die Vorteilhaftigkeit von ergonomischen Gestaltungsaktivitäten und eines innerbetrieblichen Ergonomieprozesses sind die Basis für eine effektive und effiziente Arbeitsgestaltung (vgl. Kirchner & Rohmert, 1974). Demnach muss nicht nur die Produktentwicklung und Fertigungsplanung, sondern u. a. die Führungsebene bezüglich der wirtschaftlichen Vorteile (Unfallstatistik, Human- und Kostenaspekte) einer ergonomischen Arbeitsplatzgestaltung überzeugt werden (Schaub et al., 2003, S. 53; Landau et al., 2004, S. 271).

Im Zuge dessen erkennen und realisieren Unternehmen zunehmend den Zusammenhang zwischen ergonomischer Arbeitsplatzgestaltung und finanziellen Einsparungspotenzialen (Parker, 1995, S. 45 f.; Rodrigues, 2001, S. 32). Dennoch stellt die systematische Erfassung der wirtschaftlichen Effizienz viele Unternehmen vor Herausforderungen. Folglich bleiben viele Maßnahmen, welche eine Verbesserung bewirken könnten, unberücksichtigt oder werden oftmals verzögert realisiert (Landau et al., 2002, S. 5).

Durch die systematische Einbindung des Fachgebietes Ergonomie in die Unternehmensziele wird die ergonomische Arbeitsplatzgestaltung zum festen Bestandteil der Unternehmenskultur (Rodrigues, 2001, S. 32). Um die Zusammenhänge zwischen ergonomischen und ökonomischen Faktoren bereichsübergreifend darzustellen, ist ein vereinfachtes Verfahren zur Bewertung von monetären Nutzen- und Kostenvariablen notwendig. Die Beurteilung ergonomischer Verbesserungsmaßnahmen wird auf-

grund der teilweise lückenhaften Datensituation und der unterschiedlichen Interpretationsmöglichkeiten von einem erhöhten Schwierigkeitsgrad geprägt. Diese Informationen dienen jedoch oftmals dazu, finale Bestätigungen durch die Finanz- bzw. Controlling-Abteilungen zu erhalten. Diese sind insbesondere an einem identifizierten monetären Nutzen der Investitionen interessiert. Fehlzeitenstände und der alleinige Nachweis einer verbesserten Arbeitsplatzergonomie reichen als Kennzahlen zur Wirtschaftlichkeitsbetrachtung nicht aus. Fakt ist, dass die Unternehmen ihre Arbeitsplätze zum Wohle der Mitarbeiter, aber auch aus Qualitäts- und Produktivitätsgründen (s. Kapitel 3.1) ergonomisch gestalten müssen. Andererseits entstehen Verluste durch den Ersatz arbeitsunfähiger Mitarbeiter, Absentismus, Qualifizierung von neuen Mitarbeitern, verschwendete Zeiten, Qualitätsdefizite, Nacharbeit, Produktivitätsstagnation, Gewinneinbußen etc. (Parker, 1995, S. 41).

Unternehmensbezogen ist es erforderlich, ein Verständnis bei den Führungskräften zu schaffen, dass Ergonomie nicht nur mit Kosten sondern ebenso mit der Einsparung finanzieller Mittel und einer Steigerung des Unternehmenserfolges verbunden ist. Das Management und die Führungskräfte tragen im Unternehmen die Verantwortung für Gesundheit und Wohlbefinden ihrer Mitarbeiter. Durch Sensibilisierung und Qualifizierung wird dieses Bewusstsein generiert und gefördert.

Infolgedessen besteht das Ziel der vorliegenden wissenschaftlichen Arbeit darin, eine transparente und nachvollziehbare Berechnung von Maßnahmen zur ergonomischen Arbeitsplatzgestaltung anhand relevanter betriebs- und unternehmensinterner Kennzahlen zu schaffen. Durch die Entwicklung eines Modells zur Bewertung maßnahmenbedingter Kosten- und Nutzenaspekte und anschließender Kosten-Nutzen-Betrachtung wird eine anwendbare Analyse betriebswirtschaftlicher Effekte auf Unternehmenskennzahlen gewährleistet. Damit verbundene Unterziele sind zum einen die Verbesserung der Produktqualität durch die Verringerung von Fehlerraten mit den daraus resultierenden Nacharbeitszeiten und zum anderen die Steigerung der Produktivität durch die Verringerung der Fertigungszeit (F-Zeit)¹. Auch der Faktor „Mitarbeiter“ bezogen auf zunehmende Fehlzeiten und seiner individuellen Leistungsfähigkeit wird in die Betrachtung einbezogen. Neben der Verbesserung seiner Leistungsfähigkeit wird durch die Gestaltung der Arbeitsplatzbedingungen ein optimaler Einsatz der Mitarbeiter unterstellt (Bruder et al., 2009, S. 7). Dabei werden insbesondere Statistiken über Fehlzeitenstände untersucht und geprüft, inwiefern Mitarbeiter mit eingeschränkter Leistungsfähigkeit in den Produktionsprozess reintegriert werden können (Ulich & Wülster, 2009, S. 280 ff.; Ulich & Wülster, 2009, S. 294 f.). Mit vorliegender Arbeit besteht somit eine Chance, die Akzeptanz arbeitswissenschaftlicher Erkenntnisse in der unternehmerischen Praxis zu erhöhen und zum anderen zur Problemlösung von Montageprozessen beizutragen.

¹ Die F-Zeit entspricht nach Definition der Gesellschaft für Arbeitswissenschaft (GfA) (1967, S. 21) der Ausführungszeit je Fertigungseinheit.

Die These zur vorliegenden Arbeit stellt sich wie folgt dar: Unternehmensseitig stehen die Kennzahlen Qualität und Produktivität im Vordergrund, die im Wesentlichen durch die Arbeitsleistung des Mitarbeiters bestimmt werden. Diese ist wiederum abhängig von der Güte der ergonomischen Arbeitsplatzgestaltung. Unter Qualität werden hierbei gezielt die Auswirkungen auf die Produktqualität (Fehlerhäufigkeit und Nacharbeitsaufwand) verstanden. Die Kennzahl Produktivität umfasst die volkswirtschaftliche Definition aus dem Verhältnis Output (Produkteinheiten) und Input (F-Zeit). Arbeitsgestalterische Maßnahmen wirken sich betriebswirtschaftlich auf die Kennzahlen Qualität und Produktivität aus und können demzufolge den Unternehmenserfolg positiv beeinflussen. Als Nebeneffekt ist die Reduzierung von Fehlzeiten zu verzeichnen und ein effizienter Einsatz der Mitarbeiter nach ihrer Leistungsfähigkeit denkbar. Die Vorgehensweise der Untersuchung wird im folgenden Schaubild verdeutlicht (s. Abbildung 1).

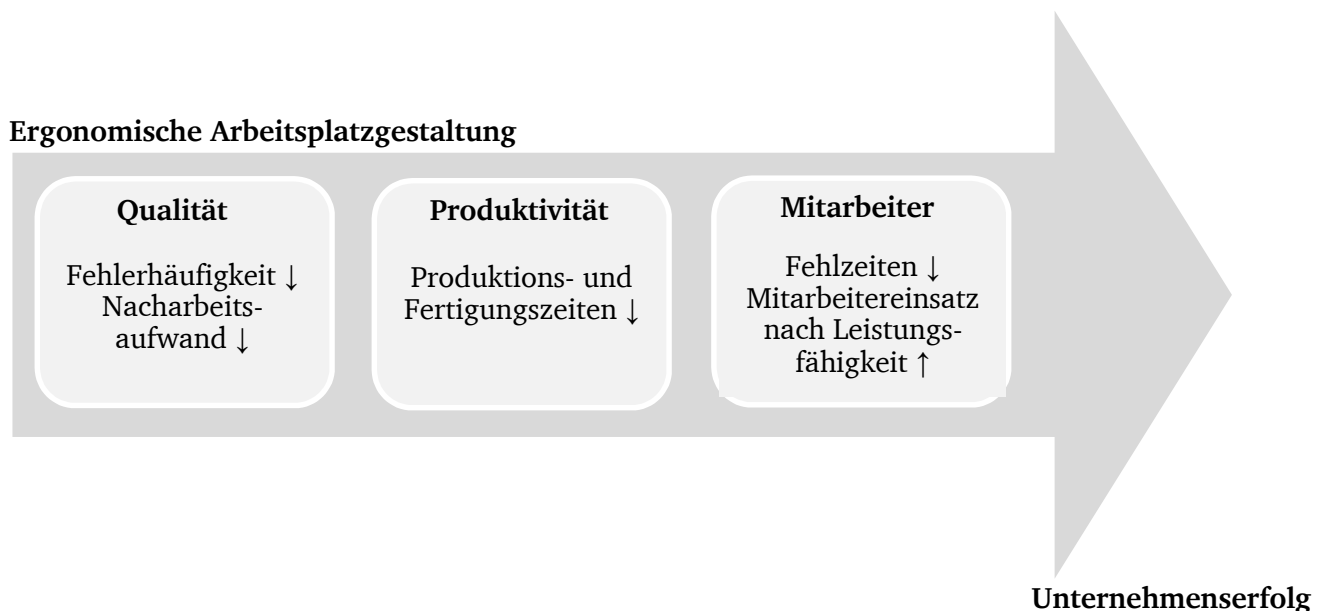


Abbildung 1: Kennzahlenbezogene Wirkung der ergonomischen Arbeitsplatzgestaltung auf den Unternehmenserfolg (Reduzierung ↓, Steigerung ↑)

Mit der zunehmenden Fokussierung auf eine ergonomische Arbeitsplatzgestaltung ist mit einem Rückgang der ergonomisch kritischen Arbeitsplätze in der Automobilindustrie zu rechnen. Bei zukünftigen Produktanläufen ist das Bestreben, aufgrund der bisherigen Erkenntnisse aus den Vorläufermodellen bzw. Referenzfahrzeugen prospektiv und konzeptionell tätig zu werden und gezielte Maßnahmen in den frühen Phasen des Produktentstehungsprozesses einzuleiten. Ein Grund hierfür ist die Vermeidung von kostenintensiven korrektiven Maßnahmen. Ergänzend hierzu, steht im Fokus des Arbeitsschutzes die Vermeidung von Arbeitsausfällen infolge von Unfällen durch unzulängliche Ausgestaltung des Arbeitsplatzes oder gegebenenfalls fehlender Sicherheitsaspekte. Auch die Unternehmen gewinnen hierdurch an zunehmender Attraktivität als Top-Arbeitgeber. Nur ein zufriedener Mitarbeiter identifiziert

sich mit Unternehmen und dessen Produkten. Schlussendlich bilden die Führungskräfte im Fokus einer zunehmenden Etablierung ergonomischer Gestaltungsmaßnahmen die entscheidende „Kraft“ und sollten daher in folgender Untersuchung nicht ungeachtet bleiben.

1.3. Untersuchungsansatz und Aufbau der Arbeit

Grundgedanke ist es, mithilfe einer erweiterten Wirtschaftlichkeitsbetrachtung ein Return-on-Investment (ROI)-Modell als Hauptkennzahl zur Erfassung des monetären Nutzens und der maßnahmenrelevanten Kosten zu entwickeln. Hierzu werden monetär quantifizierbare Kennzahlen definiert und den entsprechenden Kosten gegenübergestellt. Folglich wird untersucht, inwiefern die Herleitung einer Handlungsempfehlung für die Anwender möglich ist. Die Untersuchung steht im Fokus der Arbeitsplatzergonomie mit Augenmerk auf die Schaffung von menschengerechten Arbeitsplätzen in der Produktion und der Reduzierung von Belastung und Beanspruchung des Mitarbeiters. Diese Auswertung wird an ausgewählten Montagearbeitsplätzen durchgeführt, welche in der Vergangenheit aufgrund einer ungünstigen ergonomischen Gestaltung der Arbeitsplätze hohe Fehlerhäufigkeiten aufwiesen. Anhand dieser Auswahl werden weitere Teilkennzahlen geprüft, um im Anschluss mithilfe des ROI-Modells eine signifikante Aussage bezüglich betriebswirtschaftlicher Auswirkungen durch die zunehmende Berücksichtigung ergonomischer Gestaltungsprinzipien treffen zu können.

Mit Blick auf die ökonomische Relevanz dieser Fragestellung findet in Kapitel 2 eine Analyse von Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen bezüglich Investitionsentscheidungen statt. Dabei wird die Eignung des ROI als Verfahren zur Messung betriebswirtschaftlicher Effekte, einer positiven Wirkung auf den Unternehmenserfolg und als mögliches Steuerungs- und Führungsmittel diskutiert.

Um das gesetzte Ziel zu verfolgen, werden in Kapitel 3 betriebswirtschaftliche und arbeitswissenschaftliche Ansätze theoretisch und formal miteinander vereint. Dabei werden sowohl die Bedeutung arbeitswissenschaftlicher Aspekte bei dem Aufbau eines Arbeitssystems und Herausforderungen einer betriebswirtschaftlichen Kosten-Nutzen-Analyse deutlich. Die Betrachtung der Wirkungseffekte der verschiedenen Kennzahlen, welche zur Untersuchung herangezogen werden, zeigen die Möglichkeiten zur Beeinflussung des Unternehmenserfolgs auf. Darüber hinaus wird eine monetäre Erfassung und Bewertung des Nutzens ergonomischer Arbeitsplatzgestaltungsmaßnahmen möglich. Zur Beweisführung wird ein dementsprechend entwickeltes ROI-Modell herangezogen.

Ein Nachweis über die positive Wirkung beschriebener Kennzahlen auf den Unternehmenserfolg durch gestalterische ergonomische Maßnahmen erfolgt in Kapitel 4. In diesem Zusammenhang werden die Datenaufnahme und -aufbereitung beschrieben, die Untersuchung an praktischen Beispielen durchgeführt sowie abschließend die gewonnenen Erkenntnisse in Kosten-Nutzen-Tabellen zusammengefasst und monetär bewertet. Die Untersuchung wird an ausgewählten Montagearbeitsplätzen aus der Auto-

mobilmontage der Volkswagen AG durchgeführt. Dabei werden in der Vergangenheit realisierte ergonomische Maßnahmen durch die Gegenüberstellung verschiedener Szenarien, d. h. Vorher- und Nachher-Situationen, beschrieben und ergebnisorientiert tabellarisch aufbereitet.

Hinsichtlich einer Prüfung aus wissenschaftlicher Sicht ist eine ausführliche Diskussion der aufgestellten These, der betrachteten Kennzahlen sowie der ermittelten Ergebnisse und des angewendeten Verfahrens in Kapitel 5.1 notwendig. Vor Abschluss der Arbeit wird in Kapitel 5.2 aus unternehmerischer Sicht die vorherige Diskussion des ROI als Steuerungs- und Führungselement aus Kapitel 2.3 aufgegriffen. Die erneute Betrachtung umfasst Möglichkeiten, die Führungsebene bei der Umsetzung von ergonomischen Gestaltungsmaßnahmen und deren Akzeptanz zu unterstützen. Die ergonomische Arbeitsplatzgestaltung rückt den Menschen dabei in den Fokus der Unternehmensprozesse.

Kapitel 6 schließt die Dissertation mit einem Fazit aus einem wissenschaftlichen als auch unternehmerischen Blickwinkel sowie einem Ausblick in weitere Forschungsthemen ab.

2. Stand der Forschung

Zur Messung der Effektivität einer oder mehrerer Investitionen wird zunächst eine im Unternehmen übliche Wirtschaftlichkeitskennziffer ermittelt. Hierbei gilt es, möglichst viele monetär bewertbare Kennzahlen nach einer „erweiterten“ Wirtschaftlichkeitsbetrachtung in die Bewertung einzubeziehen (Grob, 1983, S. 32). Die Zweckmäßigkeit jeder Investition gemessen an ihrer Rentabilität steht bei zu treffenden Investitionsentscheidungen im Vordergrund. Nach Grob (1983, S. 13) werden in der heutigen Praxis häufig nur rechenbare, d. h. monetäre Werte, in Investitionsberechnungen betrachtet. Die Berücksichtigung nicht-monetärer Werte wird bei Effizienzbeurteilungen in diesem Sinne unternehmensseitig begrenzt angewendet. Gründe hierfür sind vermutlich fehlende gesicherte arbeitswissenschaftliche Erkenntnisse und die aufwendige Datenbeschaffung und -aufbereitung. Demzufolge ist zur Beurteilung des Erfolgs von Investitionen eine einfache und nachvollziehbare und zugleich ressourcensparende Wirtschaftlichkeitsanalyse von unternehmerischem Interesse.

Im Folgenden werden hierzu Investitionsrechnungen der traditionellen und erweiterten Wirtschaftlichkeitsanalyse vorgestellt. In beiden Analysen findet der ROI Anwendung. Dieser ermöglicht als betriebswirtschaftliches Instrument zur Beurteilung der Vorteilhaftigkeit von Investitionen einen Vergleich der Kennzahlen nach Kosten- und Nutzenaspekten. Das daraus resultierende Ergebnis spiegelt dabei die Beeinflussung der relevanten Kennzahlen infolge der getätigten Investition wider. Des Weiteren kann im Hinblick einer Investitionsbeurteilung der ROI als Steuerungs- und Führungsmittel durch die Aufbereitung der erforderlichen Informationen und der gewonnenen Erkenntnisse auf das Management und weiteren prozessbeteiligten Personen einwirken. Demzufolge werden in diesem Kapitel Verfahren untersucht, welche es zulassen, ergonomische Gestaltungsmaßnahmen von realen Arbeitsplätzen zu bewerten und ermittelte Erkenntnisse für die Unternehmenspraxis entsprechend aufzubereiten.

2.1. Verfahren zur Wirtschaftlichkeitsbetrachtung von Investitionen

2.1.1. Traditionelle Wirtschaftlichkeitsanalyse

In der traditionellen Wirtschaftlichkeitsanalyse werden ausschließlich monetäre Werte, bspw. Einmalkosten (Planung, Anschaffung und Anlauf), Betriebskosten (Material, Personal, Energie etc.) und Leistungsgrößen (Umsatz- und Verkaufserlöse) in die Betrachtung einbezogen. Bei der traditionellen Wirtschaftlichkeitsbetrachtung werden ausschließlich diese finanzanalytischen Aspekte berücksichtigt. Prinzipiell wird unterstellt, dass primär das Gewinnziel der monetäre Bewertungsmaßstab zur Wirtschaftlichkeitsbeurteilung ist. Demnach ist eine monetäre eindimensionale Rechnung ausreichend. Nicht-monetäre Aspekte werden subjektiv und gewichtet einbezogen (Zangemeister, 2000, S. 5). Im

Fokus von Investitionsentscheidungen werden diese nach Domschke & Scholl (2008, S. 246) langfristig und umfangreich geplant. Die Investitionsrechnung lässt sich in die zwei Kategorien der Sukzessivan- sätze (statische und dynamische Verfahren) und Simultanansätze (Operation Research) einteilen (Töp- fer, 2007, S. 971). Verfahren zur Beurteilung der Investition können nach Sicherheit und Risiko unter- schieden werden. Statische und dynamische Verfahren gehören zu der Kategorie Entscheidung unter Sicherheit (Domschke & Scholl, 2008, S. 246 ff.; vgl. Wöhe & Döring, 2010; vgl. Balderjahn & Specht, 2011). Abbildung 2 zeigt die zu den genannten Verfahren zugehörigen Berechnungsmethoden auf.

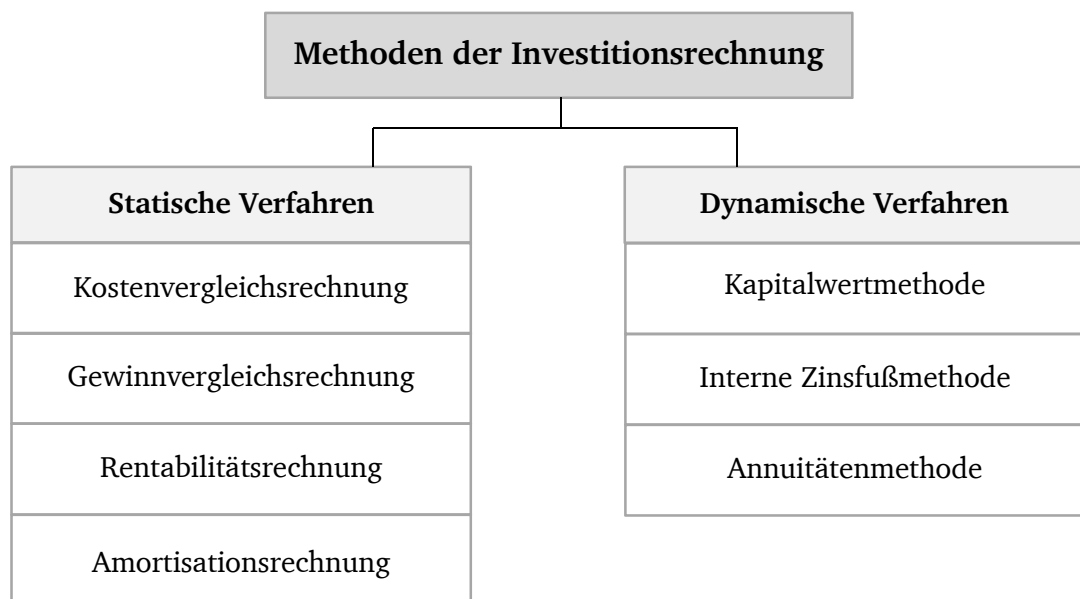


Abbildung 2: Methoden der Investitionsrechnung (eigene Darstellung nach Balderjahn & Specht, 2011, S. 239; Zangemeister, 2000, S. 30)

a) Statische Investitionsrechenverfahren

Statische Verfahren ermitteln die Vorteilhaftigkeit von Investitionen bei gegebener Nutzungsdauer als Näherungswert. Sie sind leicht anwendbar und beruhen auf leicht verständliche betriebswirtschaftliche Daten (z. B. Betriebskosten und Verkaufserlöse). Der Faktor Zeit, d. h. das zeitlich unterschiedliche Auftreten von Ein- und Auszahlungen, wird nicht berücksichtigt. Innerbetriebliche Interdependenzen (wechselseitige Abhängigkeiten) werden ebenfalls außer Acht gelassen (Balderjahn & Specht, 2011, S. 240; Töpfer, 2007, S. 971). Zu den statischen Investitionsrechenverfahren gehören die Kostenver- gleichs-, Gewinnvergleichs-, Rentabilitäts- und Amortisationsrechnung (vgl. Warnecke et al., 1991; vgl. Balderjahn & Specht, 2011; vgl. Domschke & Scholl, 2008).

Die Kostenvergleichsrechnung bewertet die verursachten Kosten (Betriebs- und Kapitalkosten) pro Rechnungsperiode bzw. pro Leistungseinheit (bspw. Stückkosten) der Investitionsobjekte und vergleicht diese miteinander. Dabei wird unterstellt, dass die Erträge der möglichen Investitionen die gleiche Höhe betragen. Die Wahl trifft in der Praxis meist auf jene Alternative mit den geringsten Kosten. Die Ermittlung aller Werte orientiert sich an durchschnittliche Größen, bspw. durchschnittliche Auslastung und Kosten. Die Kostenvergleichsrechnung ermöglicht keine Aussage über die Wirtschaftlichkeit einer Entscheidung und dient somit zur Beurteilung einzelner Alternativen. Des Weiteren werden zeitliche Unterschiede vernachlässigt (Warnecke et al., 1991, S. 40; Balderjahn & Specht, 2011, S. 240). Aufgrund der Annahme konstanter Erträge bei Ersatz- und Rationalisierungsmaßnahmen stellt die Kostenvergleichsrechnung ein geeignetes Hilfsmittel zur Beurteilung dieser Investitionsart dar (Wöhe & Döring, 2010, S. 531). Für eine Wirtschaftlichkeitsanalyse von Neuanschaffungen ist die Anwendung der Kostenvergleichsrechnung jedoch nicht möglich (Warnecke et al., 1991, S. 40; Balderjahn & Specht, 2011, S. 240).

Bei der Gewinnvergleichsrechnung wird neben der Einbeziehung relevanter Kosten zudem der Jahresgewinn vor der Durchführung der Investition entweder dem prognostizierten Jahresgewinn nach Investitionsdurchführung oder dem prognostizierten Gewinn verschiedener Investitionsalternativen gegenübergestellt (Warnecke et al., 1991, S. 41). Sinnvoll ist dies, wenn die unterschiedlichen Erlöserwartungen stark voneinander abweichen. Ausgewählt wird jene Alternative mit der durchschnittlich höchsten Differenz aus Erlösen und Kosten (=Gewinn). Anwendung findet diese Methode häufig bei Ersatz- und Erweiterungsinvestitionen (Balderjahn & Specht, 2011, S. 240 f.). Nach Domschke & Scholl (2008, S. 248) ist die Gewinnvergleichsrechnung nur dann dienlich, wenn die Investitionsalternativen ähnlich wie bei der Kostenvergleichsrechnung die gleiche Nutzungsdauer und den gleichen Kapitaleinsatz betragen. Die Gewinnvergleichsrechnung ermöglicht keine Beurteilung des eingesetzten Kapitals, sondern kann nur einen Investitionsüberschuss feststellen (Warnecke et al., 1991, S. 45). Erfolgt die Beurteilung nur einer Investition, ist ein positiver Gewinn oder das Erreichen eines Mindestgewinns erforderlich (Wöhe & Döring, 2010, S. 532). Ist es jedoch in einer Gewinnvergleichsrechnung nicht möglich einer Investition Leistungen zuzusprechen, so wandelt sich diese in eine Kostenvergleichsrechnung um (Grob, 2006, S. 25). Weitere Einflüsse bleiben in der Gewinnvergleichsrechnung unberücksichtigt (Domschke & Scholl, 2008, S. 248).

Nach Warnecke et al. (1991, S. 45 f.) stützt sich die Rentabilitätsrechnung auf die Kosten- und Gewinnvergleichsrechnung. Ziel der Methode ist die Bestimmung der Rentabilität einer Investition, d. h. dem Verhältnis des resultierenden Gewinns einer Investition und dem hierfür durchschnittlich eingesetzten Kapitals (s. Formel 1). In diesem Fall handelt es sich um die Kapitalrentabilität oder auch Return-on-Invest genannt.

$$\text{Rentabilität} \left(\frac{\%}{\text{Jahr}} \right) = \frac{\emptyset \text{ Jahresgewinn} \left(\frac{\text{€}}{\text{Jahr}} \right)}{\emptyset \text{ Kapitaleinsatz (€)}} \times 100 \%$$

Die Auswahl der Investition wird nach der Höhe der Rentabilität, unter Berücksichtigung der gewünschten Mindestrentabilität, getätigt. Infolge dieser gewünschten Mindestverzinsung ist es bei der Berechnung nicht sinnvoll kalkulatorische Zinsen gewinnmindernd zu berücksichtigen. Bei unterschiedlichen Nutzungsdauern und Kapitaleinsätzen weist auch diese Methode Defizite auf. Bei gleichen Kapitaleinsätzen stimmt das Endergebnis bspw. mit der Gewinnvergleichsrechnung überein (Domschke & Scholl, 2008, S. 250). Laut Balderjahn & Specht (2011, S. 241) ist diese Methode nur für Erweiterungs- und Rationalisierungsinvestitionen (vgl. Warnecke et al., 1991) gebräuchlich.

Die Amortisationsrechnung wird u. a. als „Pay-off“-Methode oder Kapitalrückflussrechnung bezeichnet (Domschke & Scholl, 2008, S. 251). Von gesamtunternehmerischem Interesse ist dabei, nach wie viel Jahren sich die Investition von selbst rentiert. Die Amortisationsdauer wird dabei als Zeitspanne bezeichnet, in welcher sich die Gesamtkosten mit den kumulierten erwirtschafteten Erlösen ausgleichen. Im Vergleich zur Kosten- und Gewinnvergleichsrechnung bezieht die Amortisationsrechnung nicht die Kenngrößen Erträge und Aufwendungen, sondern Einzahlungen und Auszahlungen in die Berechnung ein (Wöhe & Döring, 2010, S. 533). Aufgrund der einfachen Vorgehensweise wird dieses Verfahren häufig in der Praxis angewendet. Es wird angenommen, dass regelmäßige Einzahlungen die Auszahlungen übersteigen und die Jahresrückflüsse konstant sind. Daher besteht die Gefahr, dass kurzfristige Investitionen gegenüber langfristigen Investitionen bevorzugt werden. Zur Beurteilung der Vorteilhaftigkeit ist die Amortisationsrechnung jedoch durchaus geeignet, da eine feste Nutzungsdauer veranschlagt wird und somit vor Ablauf dieser Dauer eine weitere Investition nicht wirtschaftlich ist (Domschke & Scholl, 2008, S. 251). Angewendet wird die Amortisationsrechnung häufig gemeinsam mit der Rentabilitätsrechnung auf Basis von Kosten- und Gewinnvergleichen, um alle Eventualitäten wie die Verzinsung des eingesetzten Kapitals, einen Vergleich mit anderweitiger Kapitalverwendung, Überschussermittlung, Risikoabschätzung und die Auswirkungen auf die Liquidität abzudecken.

b) Dynamische Investitionsrechenverfahren

Dynamische Verfahren bewerten die Vorteilhaftigkeit von Investitionen unter Berücksichtigung zeitlich unterschiedlich anfallender Ein- und Auszahlungen. In der Praxis haben diese Verfahren an Bedeutung gewonnen. Im Rahmen der Betrachtung werden die während der Nutzungsdauer anfallenden Zahlungsströme anhand vollständiger Zeitreihen betrachtet. Der aktuelle Wert der Investition spielt dabei

eine besondere Rolle. Da es von hoher Wichtigkeit ist, wann die Zahlung erfolgt, werden aus Vergleichbarkeitsgründen alle zukünftigen Ein- und Auszahlungen auf einen gemeinsamen Zeitpunkt bezogen. Dies bedeutet, dass eine Zahlung, die in zwei Jahren erfolgt, weniger wert ist als eine Zahlung, welche sofort eingeht. Zur rechnerischen Bestimmung des Zeitwertes aller ein- und abgehenden Zahlungen wird das finanzmathematische Prinzip des Auf- und Abzinsens ausgeführt (Balderjahn & Specht, 2011, S. 242). Zu den klassischen Ansätzen der dynamischen Investitionsrechenverfahren gehören, wie in Abbildung 2 dargestellt, die Kapitalwertmethode, die Methode des internen Zinsfußes und die Annuitätenmethode (vgl. Balderjahn & Specht, 2011; vgl. Domschke & Scholl, 2008).

Der Kapitalwert, oder auch Barwert genannt, einer Investition entspricht denen durch die Investition ausgelöst und auf den Beginn des Planungszeitraums ($t=0$) abgezinsten (diskontierten) Ein- und Auszahlungen (Wöhe & Döring, 2010, S. 541). Diese Verfahrensweise wird durch Formel 2 verdeutlicht:

Formel 2: Berechnung des Kapitalwerts (Balderjahn & Specht, 2011, S. 243)

$$\text{Kapitalwert} = \sum_{t=0}^T \frac{e_t - a_t}{(1+i)^t} + \frac{L_T}{(1+i)^T} - I_0$$

t =Zeitindex

T =Nutzungsdauer der Investition in Jahren

i =Diskontierungszinssatz (Kalkulationszinssatz)

I_0 =Höhe der Anschaffungsauszahlung

a_t =Auszahlung während der Nutzungsdauer und Fälligkeit am Ende des jeweiligen Jahres t

e_t =Einzahlung während der Nutzungsdauer und Fälligkeit am Ende des jeweiligen Jahres t

L_T =Liquiditätserlös am Ende der Nutzungsdauer T

Bei einem positiven Kapitalwert ($\text{Kapitalwert} > 0$) ist eine Verzinsung der Investition zu erwarten. Dies bedeutet, dass der Barwert der zukünftigen Einzahlungen den ursprünglichen Auszahlungsbetrag der Investition übersteigt. Die Investition ist somit wirtschaftlich. Bei einem negativen Kapitalwert ($\text{Kapitalwert} < 0$) liegt die kalkulierte Verzinsung der Investition unter der gewünschten Mindestrendite. Der Entscheider wählt diejenige Alternative mit dem höchsten Kapitalwert (Balderjahn & Specht,

2011, S. 243). Allerdings kann nach Domschke & Scholl (2008, S. 253) bereits eine geringe Abweichung des angewendeten Zinssatzes vom tatsächlichen Zinssatz zu Fehlentscheidungen führen.

Die interne Zinsfußmethode ermittelt den mit der Investition erwarteten internen Zinssatz bzw. Zinsfuß i (Balderjahn & Specht, 2011, S. 243). Dieser gibt die jährliche Verzinsung des jeweils noch nicht zurückgeflossen eingesetzten Kapitals der Investition in Prozent an (Wöhe & Döring, 2010, S. 546). Weitere Rückflüsse können zur Tilgung der Anschaffungsauszahlung genutzt werden. Zur Bestimmung von i muss die Formel des Kapitalwerts Null gesetzt werden, so dass der Kalkulationszinssatz einen Kapitalwert von Null beträgt. Die Investition mit dem höchsten internen Zinsfuß wird ausgewählt, vorausgesetzt die gewünschte Mindestrendite wird erreicht bzw. überschritten (Balderjahn & Specht, 2011, S. 243 f.; Grob, 1983, S. 18). Kritisch ist jedoch die Annahme, dass die einzelnen Einzahlungsüberschüsse zu unterschiedlichen Zinssätzen angelegt werden (Domschke & Scholl, 2008, S. 248) und dabei zu Planungsunsicherheiten führen können.

Als Annuität der Annuitätenmethode wird der durchschnittliche Einzahlungsüberfluss pro Periode bezeichnet (Domschke & Scholl, 2008, S. 254; Wöhe & Döring, 2010, S. 544). Diese Methode ähnelt der Kapitalwertmethode. Das Investitionsvorhaben wird anhand der Anschaffungsauszahlung I_0 und einer bekannten Nutzungsdauer T ermittelt. Die entscheidende Frage besteht darin, wie hoch die Annuität sein muss, damit bei entsprechenden Kalkulationszinssatz (Verzinsung) i die Anschaffungsauszahlung I_0 getilgt wird. Bei sinkender Zinsbelastung steigt die Höhe der Tilgungsbeiträge. Investitionen mit der höchsten Annuität werden bevorzugt (Balderjahn & Specht, 2011, S. 244). Bei mehreren Investitionen sollte sich für die Investition mit der größten Annuität entschieden werden (Wöhe & Döring, 2010, S. 546).

Im Gegensatz zu den statischen Verfahren wird bei den dynamischen Verfahren das zeitliche Auseinanderfallen von Ein- und Auszahlungen berücksichtigt, so dass eine bessere Nutzung der Daten erfolgen kann. Nachteilig ist die Annahme des vollkommenen Kapitalmarkts (vgl. Domschke & Scholl, 2008; vgl. Varian, 2011) und wiederum die Vernachlässigung innerbetrieblicher wechselseitiger Abhängigkeiten. Neben den klassischen Ansätzen existieren weitere moderne Ansätze der dynamischen Investitionsrechnungsverfahren, wie die Vermögensendmethode und weitere Marktziinsmodelle, welche aufgrund ihrer Komplexität in vorliegender Arbeit nicht berücksichtigt werden. Für diese spricht die schrittweise Abweichung der Annahme vom vollkommenen Kapitalmarkt (Töpfer, 2007, S. 971).

Wie bereits erläutert, existieren neben den nun bekannten Sukzessivansätzen zudem praxisorientierte Simultanansätze, zu welchen sowohl produktions- als auch finanzorientierte Modelle gehören. In der Anwendung sind diese Modelle vorteilhaft, da Interdependenzen zwischen verschiedenen Funktionsbereichen und der Wirkungszusammenhang von Investitions- und Finanzierungsentscheidungen berück-

sichtigt werden. Dennoch sind diese Modelle sehr vielschichtig und benötigen umfassende Informationen in entsprechender Qualität (Töpfer, 2007, S. 970 f.).

2.1.2. Erweiterte Wirtschaftlichkeitsanalyse

Begleitend zu den monetär quantifizierbaren Werten der traditionellen Wirtschaftlichkeitsanalyse werden bei der erweiterten Wirtschaftlichkeitsanalyse zusätzlich die nicht-monetären bzw. schwer quantifizierbaren Werte, wie Arbeitsbelastungen, -sicherheit, -qualifikation, -autonomie und -motivation, einbezogen. Die Herausforderung bei dieser Methode besteht darin, dass eine Investitionsbeurteilung nur abgeschlossen werden kann, wenn alle bzw. möglichst viele Einflussgrößen erfasst werden. Demzufolge sollte zur Beurteilung ein entsprechend erweitertes bzw. mehrdimensionales Verfahren verwendet werden (Zangemeister, 2000, S. 6).

a) Ein- und mehrdimensionale Verfahren

Zangemeister (2000, S. 29; 2000, S. 33 ff.) bezieht in seine Definition von der erweiterten Wirtschaftlichkeitsanalyse die Kosten-Nutzen-Analyse (vgl. Warnecke et al., 1991) als eindimensionales Verfahren ein. Die Ursache hierfür liegt in der monetären Berücksichtigung zusätzlicher Faktoren basierend auf Modellannahmen und Preisschätzungen. Die Bewertung nicht-monetärer Größen ist dagegen nicht ausgeschlossen, insofern eine Beurteilung bspw. anhand von Personalkosten möglich ist.

Unter eindimensionalen Verfahren wird die Betrachtung nur einer Größe, z. B. einer Geldeinheit, verstanden. Ähnlich wie bei der traditionellen Wirtschaftlichkeitsanalyse setzt dies eine Monetarisierung aller Werte voraus. Für die erweiterte Wirtschaftlichkeitsbetrachtung ist dies nicht grundsätzlich ausgeschlossen. Exemplarisch ist eine Kosten-Nutzen-Analyse rein finanzwirtschaftlich aufgebaut. Ein weiteres Beispiel für eindimensionale Verfahren ist die Humanvermögensrechnung, in welcher das Humanvermögen des Mitarbeiters als Wert der Belegschaft, bestehend aus dem Produkt der Arbeitsfähigkeit, Arbeitsverfügbarkeit und Arbeitsmotivation, monetär erfasst und bewertet wird (vgl. Sengotta & Schweres, 1994; vgl. Elias, 1985).

Bedeutend für die erweiterte Wirtschaftlichkeitsbetrachtung sind jedoch die mehrdimensionalen Verfahren, welche alle beeinflussenden Größen zur Bewertung heranziehen. Diese unterscheiden sich darin, ob sie eine ein-, zwei- oder dreischichtige Trennung der Einflussgrößen vornehmen (Zangemeister, 2000, S. 25). Die Nutzwert-Analyse (vgl. Rinza & Schmitz, 1992; vgl. Warnecke et al., 1991) und die Kosten-Wirksamkeits-Analyse sind nennenswerte Beispiele für mehrdimensionale Verfahren, in denen sowohl monetäre als auch nicht-monetäre Werte, z. B. Betriebs- (Ausschuss, Nacharbeit, Reklamationen) und Arbeitskosten (Fehlzeiten, Unfälle und Krankheiten) berücksichtigt werden. Bei der Nutz-

wert-Analyse werden beide Größen gleichnamig, d. h. mithilfe einer Punktesystematik nach den jeweiligen Präferenzen gewichtet und mit Punkte bewertet. Bei der Kosten-Wirksamkeitsanalyse (vgl. Zangemeister & Nolting, 1999) wird im Zähler (Nutzen) eine Nutzwert-Analyse durchgeführt und diese mit dem Nenner (Kosten) ins Verhältnis gesetzt.

b) Diverse Schichtverfahren

Bei den sogenannten Schichtverfahren wird in ein-, zwei- und dreischichtige Verfahren unterschieden. Diese gehören zu der Gruppe der mehrdimensionalen Verfahren einer erweiterten Wirtschaftlichkeitsanalyse:

Bei den einschichtigen Verfahren werden alle Größen einschichtig nach der Nutzwert-Analyse, d. h. nicht-monetär, berücksichtigt. In einer Nutzwert-Analyse ist es möglich, dass beliebig viele und verschiedenartige quantitativ und / oder qualitativ beschreibende Effekte einbezogen werden. Nach diesem sogenannten nicht-monetären Verfahren erfolgen präferenzbezogene Bewertungen. Die nicht-monetären Größen werden somit in „gleichnamige“ Größen umgewandelt. Mit dieser Vorgehensweise entsteht mithilfe einer Wertung aller zielbezogenen Teilwerte eine eindimensionale Gesamtwertigkeit, auch Nutzwert genannt (Zangemeister, 2000, S. 26). Prämissen für eine Nutzwert-Analyse sind die Erfassung aller bewertungsrelevanten Punkte in einem Zielsystem und die Präferenzbildung des Entscheidungsträgers. Dies impliziert u. a. die Definition von Zielwerten anhand von Präferenzskalen und Zielgewichten (Zangemeister, 2000, S. 26; Krüger et al., 1998, S. 24 f.). Nach Zangemeister (2000, S. 26) wird eine eindeutige Prioritätenreihenfolge definiert. Allerdings werden die Kosten bei den verschiedenen Zieldimensionen bewertet und nicht einzeln betrachtet. Die Ertragsgegenüberstellung stellt sozusagen eine präferenzbezogene Nutzwertermittlung analog der Outputeffekte dar (Zangemeister, 2000, S. 26).

Metzger (1977) wird in der Literatur als Begründer der zweischichtigen Verfahren angesehen. Monetäre und nicht-monetäre Kosten werden gleichgestellt (zweischichtig) betrachtet. In diesem Sinne werden monetäre Werte mit der traditionellen Wirtschaftlichkeitsanalyse und nicht-monetäre Größen in Form einer präferenzbestimmten Nutzwert-Analyse ermittelt. Dieses Vorgehen setzt die nicht-monetäre, präferierte und mehrdimensionale Beurteilung von Maßnahmen ins Verhältnis zu den monetär bewerteten und eingesetzten Ressourcen. Hierbei handelt es sich um eine Kosten-Wirksamkeits-Analyse. Bezugnehmend zur Definition ist das Ergebnis eine Effizienzaussage (s. Kapitel 3.1) hinsichtlich der Zielwirksamkeit und den aufgebrauchten monetären Mitteln (Kosten). Für eine signifikante Aussage ist die Vorgabe eines der genannten Werte notwendig. Andernfalls ist ein weiterer Bewertungsschritt mithilfe eines Präferenzurteils der Nutzwert-Analyse zwingend erforderlich (Zangemeister, 2000, S. 27). Entspricht die monetäre Analyse einem Kostenvergleich, dann findet bei zweischichtigen

Verfahren grundlegend das Prinzip der Kosten-Wirksamkeits-Analyse Anwendung (Zangemeister, 2000, S. 60).

Bei den dreischichtigen Verfahren wird die monetäre Größe in „direkt“ monetär und „indirekt“ monetär unterschieden. Die nicht-monetäre Größe bleibt unverändert erhalten. Dennoch bleiben auch in diesem Fall alle Größen gleichberechtigt nebeneinander bestehen (Spelten, 2007, S. 83). Nach Zangemeister (2000, S. 87) ist jedoch eine zweischichtige nutzwertanalytische Analyse zu empfehlen.

2.1.3. Weitere Verfahren

Zu den Verfahren der erweiterten Wirtschaftlichkeitsrechnung gehören, zusätzlich zu den bisher erläuterten Verfahren, diagnose- und entscheidungsorientierte Verfahren. Diagnoseorientierte Verfahren haben das Ziel, eine betriebswirtschaftliche Analyse durch eine Bewertung nicht-monetärer Faktoren zu ergänzen. Diese Forschung ist auf die 80er Jahre zurückzuführen und wurde seitdem nicht fortgeführt (Spelten, 2007, S. 36). Nach Sengotta & Schweres (1994) sind hier die „Duale Arbeitssituationsanalyse“ und das „Vier-Ebenen-Modell der Wirtschaftlichkeitsbeurteilung“ zu nennen. Entscheidungsorientierte Verfahren sind vielfältig und leisten innerhalb einer ein-, zwei- und dreischichtigen Betrachtung ihren Beitrag zur Effizienzbeurteilung von Investitionen (Spelten, 2007, S. 36; s. Kapitel 3.1).

2.2. Die Return-on-Investment-Matrix

2.2.1. Begriffsdefinition

Betriebswirtschaftliche Kennzahlen und deren Analyse stehen als Instrument im Fokus des Controllings. Diese ermöglichen mithilfe quantitativer und messbarer Werte Ist- und Soll-Zustände zu identifizieren und zu vergleichen. Diese Größen können einerseits monetären (bspw. Umsatz und Kosten) und nicht-monetären (bspw. Krankenstand und Kundenzufriedenheit) Ursprungs sein. Eine Erhebung dieser ist sowohl für einzelne betriebliche Funktionsbereiche als auch für Unternehmen in seiner Gesamtheit oder nach Geschäftsfeldern möglich. Abgesehen vom Ist-Soll-Vergleich besteht die Möglichkeit Vergleiche zwischen Unternehmen (z. B. Benchmarking) und unterschiedlichen Bereichen durchzuführen. Dabei lassen sich Kennzahlen in zeitpunktbezogene Bestandskennzahlen, zeitraumbezogene Bewegungskennzahlen und relative Kennzahlen unterteilen. Diese setzen sich aus zwei unabhängigen und im logischen Zusammenhang stehenden absoluten Kennzahlen zusammen. Daher ist die Signifikanz einer Aussage oftmals begrenzt, so dass versucht wird, diese Kennzahlen in einem Kennzahlensystem mathematisch miteinander zu verbinden. Dies bedeutet, dass eine Kennzahl aus mehreren Kennzahlen besteht und durch diese rechnerisch erklärt wird. Ein Beispiel ist die Kalkulation von Personalkosten der Beschäftigten. Infolge der Verknüpfung einzelner Kennzahlen entsteht eine Kennzahlenpy-

ramide mit einer Spitzenkennzahl als signifikante Größe. Daraus entwickelte sich das Du-Pont-Kennzahlensystem mit dem ROI als Abschlussgröße (Schmalen & Pechtl, 2009, S. 105 f.).

Laut Kramer & Bödeker (2008, S. 5 f.) ist der ROI eine Kennzahl aus der Finanzwelt, welche im deutschen Sprachgebrauch mit Rendite bzw. Kapitalrendite gleichzusetzen ist. Kennzahlen dienen insbesondere dazu, in einer geeigneten Formel bestehend aus ökonomischen Größen ein sinnvolles Verhältnis herzustellen. Jene Kennzahl stellt dem Gewinn das investierte Kapital gegenüber und setzt diese ins Verhältnis. Die entsprechende Vorgehensweise spiegelt eine Analyse der Rentabilität, mit welcher die Effizienz einer oder mehrerer Investitionen beurteilt und verglichen werden kann, wider. Mathematisch betrachtet, ergibt sich die Gesamtrentabilität aus der Umsatzrentabilität, welche durch Faktoren wie Umsatz, Gewinn und Kosten bestimmt wird, und des Kapitalumschlags, welcher sich aus den Hauptfaktoren Eigen- und Fremdkapital zusammensetzt. Beide Kennzahlgrößen bestimmen den Gewinn eines Unternehmens und werden für eine signifikante Aussage bezüglich Investitionen gegenübergestellt. Die Umsatzrentabilität trifft Aussagen über Wirtschaftlichkeit und Produktivität und gibt an, wie sich das Wachstum im Zeitablauf entwickelt. Umsatzbezogene Größen stellen jedoch einzeln betrachtet keinen Planmaßstab für wirtschaftliches Wachstum dar. Im engen Zusammenhang mit dem Umsatz steht das eingesetzte Kapital. Kapitalbezogene Größen geben den Verantwortlichen Argumentationsgrundlagen, Marktmacht, Prestige, strukturelle Liquidität und finanzielle Unabhängigkeit. Der Kapitalumschlag liefert gesamtwirtschaftlich gesehen, eine Möglichkeit die reale Kapitalerhaltung zu beurteilen (Budde, 1973, S. 15). Die Zusammensetzung beider beschriebener Kenngrößen ergibt eine Kennzahl zur Bewertung aller Teilgrößen und deren Entwicklungsmöglichkeiten.

Die Berechnung kann sowohl retro- als auch perspektiv erfolgen. Die retrospektive Betrachtung wird vorwiegend in Evaluationen fokussiert, wobei die perspektive Betrachtung vermehrt zur Abschätzung der Kosteneffektivität von Maßnahmen im Vorfeld der Durchführung Anwendung findet. Infolge der Ressourcenknappheit werden Evaluationen vermehrt von Unternehmen, Leistungserbringern und Politik gefordert. Monetäre Werte jedoch offenbaren die Möglichkeit der Förderung und Unterstützung von Empfehlungen und Entscheidungen. Prospektiv kann die Kenngröße ROI Grundlage für Entscheidungen der Unternehmenspolitik und -planung sein und die Funktion als Steuerungselement und Entscheidungshilfe einnehmen (Kramer & Bödeker, 2008, S. 6). Anhand dieser Kennzahl kann, vorausgesetzt zugänglicher Informationen, eine vereinheitlichte Zielstrategie abgeleitet und ausgestaltet werden.

2.2.2. Bestimmungsfaktoren und deren funktioneller Zusammenhang

Primäres Ziel unternehmerischen Handelns ist die Erwirtschaftung von Überschuss. Die Produktion wird nach Art und Menge geplant, so dass ein maximaler Gewinn oder eine maximale Rentabilität er-

zielt wird (Schmalen & Pechtl, 2009, S. 9). Aus der Definition des ROI leitet sich ab, dass die Größen Umsatz, Kosten und Gewinn gleichberechtigt mit dem investierten Kapital für eine ROI-Ermittlung ins Verhältnis gesetzt werden. Von möglichen und vorhandenen wechselseitigen Einflüssen aller Faktoren mit und untereinander dominieren außer dem Umsatz die Größen des eingesetzten Kapitals und des Gewinns. Von Bedeutung ist dennoch primär die innerbetriebliche Leistung. Demnach ist der ein oder andere Faktor detaillierter zu untersuchen und von weiteren Größen abzugrenzen (Budde, 1973, S. 60). Ein Zusammenspiel aller Faktoren kann nur gewährleistet werden, wenn in allen Zentren einheitliche Richtlinien und Ausbausystematiken aus der Betriebswirtschaft beachtet werden (Budde, 1973, S. 42).

Der ROI besteht aus zwei Komponentensätzen: Aus den Komponenten Leistung und Kosten bildet sich die Bereichserfolgsrechnung mit dem verdichteten Ergebnis. Der von den fixen und variablen Kosten bereinigte Umsatz wird mit der eigentlichen innerbetrieblichen Leistung ins Verhältnis gesetzt (s. Formel 3):

Formel 3: Komponentensatz I der Return-on-Investment-Rentabilität (Budde, 1973, S. 42)

$$\text{Umsatzrendite} = \frac{\text{Gewinn}}{\text{Umsatz (Leistung)}} \times 100 \%$$

Aus den Komponenten Anlagevermögen und Umlaufvermögen, inklusive Investitionen, bildet sich das verdichtete Ergebnis des Kapitalumschlags (s. Formel 4):

Formel 4: Komponentensatz II des Return-on-Investment-Kapitalumschlags (Budde, 1973, S. 42)

$$\text{Kapitalumschlag} = \frac{\text{Umsatz (Leistung)}}{\text{investiertes Kapital}} \times 100 \%$$

Die Zusammensetzung infolge einer Multiplikation beider Komponenten ergibt den ROI (s. Formel 5):

Formel 5: Herausbildung des Return-on-Investment aus den Faktoren Umsatz, Gewinn und investiertes Kapital (Budde, 1973, S. 42; Schmalen & Pechtl, 2009, S. 10)

$$\text{ROI} = \frac{\text{Gewinn}}{\text{Umsatz (Leistung)}} \times \frac{\text{Umsatz (Leistung)}}{\text{investiertes Kapital}} \times 100 \% = \frac{\text{Gewinn}}{\text{investiertes Kapital}} \times 100 \%$$

Formel 5 zeigt die wechselseitigen Beziehungen zwischen den einzelnen Größen auf. Jeder Abschnitt erbringt unter individueller Steuerung die zugehörige Leistung und trägt somit zum Unternehmenserfolg bei. Dabei existieren vielfältige Möglichkeiten unterschiedliche Größen in die Kalkulation einzubeziehen. Beispiele hierfür sind die Bewertung von Marktpreisen, Grenz- und Herstellkosten und die Zufriedenheit der Mitarbeiter (Budde, 1973, S. 42).

Das investierte Kapital ist eine wesentliche Rechengröße des ROI. Es setzt sich aus Anlage- und Umlaufvermögen zusammen und befindet sich auf der Habenseite der Bilanz. Prinzipiell kann davon ausgegangen werden, dass das gesamte Kapital zur Renditeerzielung eingesetzt werden könnte. Solch eine Vorgehensweise würde jedoch dem unternehmerischen Handeln (s. Kapitel 3.2.1) widersprechen und ist mit diversen bilanztechnischen Forderungen und Regularien verbunden. Werden Vergleichszeiträume zu Interpretationszwecken herangezogen, können diese Ausnahmen und Regeln vernachlässigt werden. Die generelle Auffassung ist diejenige, dass das Gesamtvermögen zur Berechnung des investierten Kapitals herangezogen wird und im Bedarfsfall gesonderte Berechnungen bezüglich eventueller Kapitaleinschränkungen folgen (Budde, 1973, S. 46 ff.).

Nach vorangegangenen Erkenntnissen wird deutlich, dass der ROI sich aus einer Reihe von Kennzahlen zusammensetzt und von diesen gestaltet wird. Im Folgenden erfolgt eine Erörterung im Hinblick einer praxistauglichen Anwendung jener Kennzahl.

2.2.3. Stärken des ROI zur Bewertung von Einzelinvestitionen

Die Verwendung des ROI als Hilfsmittel zur Bewertung von Einzelinvestitionen entspricht einer moderneren und erweiterten Auffassung der ursprünglichen Herleitung nach DuPont (Budde, 1973, S. 62). Der Unterschied äußert sich durch die Vernachlässigung des Gesamtkapitals eines Unternehmens und berücksichtigt stattdessen die Einzelinvestitionen im Rahmen der unternehmerischen Planung und Tätigkeit. Dabei ist die Trennung zwischen Berechnung, d. h. die reine Ermittlung des Zahlenwertes, und Analyse der Rückflüsse von Bedeutung. Bei der Verwendung des ROI im Hinblick der Einzelinvestitionen wird grundsätzlich von einer vollständigen Informationsbasis, wie die Rückflüsse der Investition, aus der vorausgegangenen systematischen Untersuchung ausgegangen (Budde, 1973, S. 42). Der Gewinn entspricht dabei der Summe aller Rückflüsse. Die ROI-Matrix gestaltet sich wie folgt (s. Formel 6):

Formel 6: Bewertung von Einzelinvestitionen (eigene Darstellung nach Bronner, 1964, S. 53)

$$ROI = \frac{\Sigma \text{ Rückflüsse}}{\text{Kapitaleinsatz}} \times 100 \%$$

Ziel dieser Vorgehensweise ist investitionsbezogen eine Aussage über die mögliche positive Beeinflussung des Unternehmenserfolgs zu treffen. Die Amortisation innerhalb der Nutzungsdauer wird hierbei vorausgesetzt. Bezüglich der Amortisationsdauer gilt die Faustregel, dass Investitionen mit einer Amortisation von bis zu drei Jahren lohnenswert sind. Der Vorteil einer ROI-Berechnung im Rahmen der oftmals kurzfristigen Planung ist im Vorfeld eine Aussage über die Sinnhaftigkeit der Investition für die gesamte Nutzungsdauer zu liefern (Budde, 1973, S. 46; Budde, 1973, S. 53).

Eine weitere Stärke ist das Sichtbarmachen der einzelnen Effekte und Wirkungen der einzelnen Kennzahlen auf die Rentabilität. Zudem gestaltet sich der Einsatz des ROI vielseitig, da dieser in den unterschiedlichsten Unternehmensbereichen und Industrien Anwendung findet. Zudem ist eine kurzfristige Aussage ermittelbar, welche die Entscheidungsfindung beschleunigt. Jedoch betrifft die Vorteilhaftigkeit nicht nur die Entscheidung über Investitionen, sondern auch die Erfolgskontrolle und des Weiteren den Vergleich mit anderen Investitionsmöglichkeiten. Besonders bei innerbetrieblichen Investitionen, welche u. a. bei der Vermögensbildung unterstützen, entspricht die Rentabilität einem bedeutenden Indikator für die Entwicklung des eingesetzten Kapitals und zugleich des Unternehmens (Frodl, 2012, S. 145). Die Verwendung des ROI als Führungsmittel wird durch die erwähnte Steuerung- und Kontrollfunktion (s. Kapitel 2.3.4, s. Kapitel 5.2) befürwortet.

2.2.4. Defizite in der Anwendung

Trotz der recht einfachen Anwendung des ROI und seiner hohen Aussagekraft orientiert sich diese Kennzahl an vergangenheitsorientierten Daten. Demzufolge führt der ROI häufig zu kurzfristigen Analysen und zur Bildung von Jahresdurchschnittswerten. Zukünftige Entwicklungen und Trends bleiben demnach unberücksichtigt. Besonders in vorausgesagten Krisenzeiten ist eine zielgerichtete Planung äußerst schwierig (Rautenstrauch, 2008, S. 2).

Ein weiteres Defizit ist die nicht bilanzmäßige Erfassung von Investitionen oder Desinvestitionen von bspw. Forschungs- und Entwicklungsaufwendungen, welche den ROI kurz- bis mittelfristig verfälschen. Zudem werden bilanzexterne Finanzierungen, wie Leasing, nicht berücksichtigt bzw. statt der zu veranschlagenden Nutzungsdauer die vereinbarte Leasingdauer einbezogen. Demzufolge können falsche Unternehmensentscheidungen nicht ausgeschlossen werden (Rautenstrauch, 2008, S. 2).

Weiterhin werden Risiken der Investition und die Kapitalkosten vernachlässigt. Als Herausforderungen stellen sich dabei objektive Zielvorgaben dar (Rautenstrauch, 2008, S. 2): Wann ist eine Investition lohnenswert? Ist ein positiver Kapitalwert ausreichend? Ist eine Prioritätenreihenfolge als Entscheidungshilfe empfehlenswert und anwendbar? Dies gilt es, u. a. in der vorliegenden Untersuchung zu erörtern.

2.3. Der ROI als Steuerungs- und Führungsmittel

2.3.1. Informationsbeschaffung und -bereitstellung

Die Bereitstellung von Informationen, aus denen relevante Kennzahlen für die Entscheidungsträger abgeleitet werden können, ist mit erhöhtem Schwierigkeitsgrad verbunden. Häufig enthalten diese Daten nicht die erforderlichen Informationen für eine betriebswirtschaftliche Betrachtung. Bei der Suche nach Lösungen zum Risikoabbau und möglichen Entscheidungshilfen für Strategien sowie Managementprozessen sind viele theoretische Ansätze entwickelt wurden, welche schon nach kurzer Zeit in Vergessenheit gerieten (Budde, 1973, S. 11). Gefordert sind stattdessen fundierte Theorien und Modelle. Getrieben von Wirtschaftskrisen und dem Bestreben weltmarktführend im Automobilsektor zu sein, ist es eine primäre Aufgabe des Controllings Verschwendung und zusätzliche Kosten zu vermeiden (vgl. Gretz, 1996). Eine gängige Fragestellung ist, „was bringt die Investition ein und worin ist der Mehrwert zu sehen?“. Diese Frage verdeutlicht die Schwierigkeit der umfassenden Informationsbereitstellung. Pereira da Silva et al. (2012, S. 476) untersuchten in einer Studie, ob für notwendige Kosten-Nutzen-Analysen zur Bewertung ergonomischer Gestaltungsmaßnahmen ausreichend Informationen vorliegen können. Hindernisse gestalteten sich zum einen durch den Mangel an Informationen und zum anderen durch das fehlende Interesse auf Managementseite. Eine Erkenntnis der Forschungsarbeit von Pereira da Silva et al. (2012) war, inwiefern Führungskräfte durch eine Kosten-Nutzen-Gegenüberstellung in ihren Entscheidungen beeinflusst werden könnten bzw. sich dem Thema stärker zuwenden würden: Die Schwierigkeit besteht in der Lokalisierung der richtigen Daten, d. h. wo sind diese abrufbar, wie valide sind sie und wie lange sind diese verfügbar. Die Verknüpfung mit anderen Datenbanken, Abteilungen und die Beeinflussung durch andere Faktoren tragen daher nicht zur Erleichterung der Datensuche bei. Hilfreich ist es hier, diverse Rahmenbedingungen zu definieren und Störgrößen auszuschalten. Eine geringe Einflussnahme ist beispielsweise auf Daten möglich, die infolge eventueller Personenbezogenheit nicht verfügbar oder generell nicht existent sind. Einfach zu beschaffende Daten sind Kennzahlen wie Kosten und F-Zeit. Die Schwierigkeit liegt hier allerdings in der Dokumentation und der Haltbarkeit der Daten. Kosten sind hierbei jene Faktoren, die oftmals kontraproduktiv bei Investitionsentscheidungen wirken. Hierbei gilt es, weitere Informationen, welche dem Kostenfaktor entgegen wirken, bereitzustellen. Wie diese Informationen aufgearbeitet und ausgestaltet werden sollten, wird im folgenden Unterkapitel erläutert.

2.3.2. Anforderungen an das Informationssystem

Hauptansatzpunkt zur Festlegung der Anforderungen an ein Informationssystem ist das formulierte (Unternehmens-) Ziel, welches im Wesentlichen drei Funktionen dient: 1. Maßstab für die effektive Leistung, d. h. wertschöpfender Einsatz und die Beständigkeit des Unternehmens, 2. Präventive Risi-

koprämie des Unternehmens und 3. Gewährleistung von Kapital, das für das Fortbestehen und der Weiterentwicklung des Unternehmens notwendig ist. Der dritte Punkt enthält Potenzial für weiterführende Investitionen, unterstützt das Fortschreiten der Strategie und sorgt somit für die Stabilität des Unternehmens. Hier kommt die Wirtschaftlichkeit eines im Weltmarkt agierenden Unternehmens zum Vorschein und bietet zugleich die Chance für ein effizientes betriebswirtschaftliches Handeln (Budde, 1973, S. 12 f.; s. Kapitel 3.2.1).

Demnach dürfen betriebswirtschaftliche Informationen nicht nur einseitig berichten, sondern müssen das arbeitende Kapital und somit den positiven Mehrwert innehaben sowie monetär bewertbar sein. Die Gesamtrentabilität rückt demzufolge in den Vordergrund, indem deutlich wird, welche Auswirkungen die getätigte Investition auf weitere wirtschaftlichkeitstreibende Faktoren hat. „Das Ziel dynamischen Wirtschaftens muss sein, die Gesamtrentabilität des Unternehmens zu maximieren.“ (Budde, 1973, S. 14) Daher muss eine Vielzahl von Unternehmenskennzahlen aus Datenbanken, wie bspw. Rechnungswesen, in die Steuerungskennzahl einfließen. U. a. werden demnach Betriebseinnahmen (Umsatz und Leistung), Betriebsausgaben (Material, Personal und Fremddienstleistungen), Saldierung von Betriebseinnahmen und -ausgaben und die Höhe von Finanzvermögen und -bedarfen genannt. Dies entspricht einer Fülle an Daten, welche in Einklang gebracht werden müssen, um eine steuerungsfähige Kennzahl zu erhalten (Budde, 1973, S. 14). Dies steht im Fokus der vorliegenden Arbeit.

Da eine solch genannte Steuerungskennzahl weitere Unterkennzahlen innehält, obliegt das Hoheitsrecht nicht nur der Führungsebene, denn auch die beeinflussenden Bereiche der Unternehmenskennzahlen sollten Ziele mit Schwerpunkt auf maximaler Produktivität verfolgen. Dies bedeutet zudem, dass den Führungskräften jene Informationen zur Verfügung gestellt werden, um am Gesamtziel mitwirken zu können. Infolgedessen wird jede Teilkennzahl zielorientiert bezüglich Erreichung und Nicht-Erreichung gemessen und trägt grundsätzlich positiv oder negativ zum Gesamtziel bei. Dabei kristallisiert sich eine vielschichtige Aufgabe an ein Informationssystem heraus, welches einer erheblichen Leistung entspricht und zusätzlich erfolgsversprechend aus Unternehmenskennzahlen gewonnen wird (Budde, 1973, S. 14).

2.3.3. Systematik und Zielsetzung als Basis der Kennzahlenbewertung

In der Vergangenheit waren Umsatzerhöhung, Marktmacht, Prestige und Kostenreduzierung Schwerpunkte der strategischen Zielerreichung. Inzwischen wurde der Fokus auf die Produktivität des Gesamtunternehmens gelegt. Idealerweise stellt hierbei der ROI in Form einer Prozentzahl ein geeignetes Steuerungsmittel dar (Budde, 1973, S. 15 f.). Vorteile jener Kennzahl liegen in einer besseren Orientierung als Maßstab der Kontrolle, in der Kombination von Einzelplänen unter konsequentem Einbezug

aller Maßnahmen, in der Zielkontrolle interner und externer Maßnahmen sowie in der Unterstützung eines wertschöpfenden Einsatzes aller Mitarbeiter (Budde, 1973, S. 20).

Kennzahlen zur Abbildung der Unternehmensleistung und etwaiger Potenziale eines Unternehmens gehören zum Performance Measurement. Die bekannteste Methode hierzu ist die Balance Scorecard, welche einen mehrdimensionalen Steuerungsansatz zur Teilkennzahlenermittlung des ROI darstellt. Die Balance Scorecard setzt sich aus vier verschiedenen Perspektiven zusammen, welche allein wiederum von vier bis sechs Kennzahlen ermittelt werden (Schmalen & Pechtl, 2009, S. 106). Abbildung 3 beschreibt das Kennzahlensystem der Balance Scorecard zu Entscheidungsprozessen der ergonomischen Arbeitsplatzgestaltung.

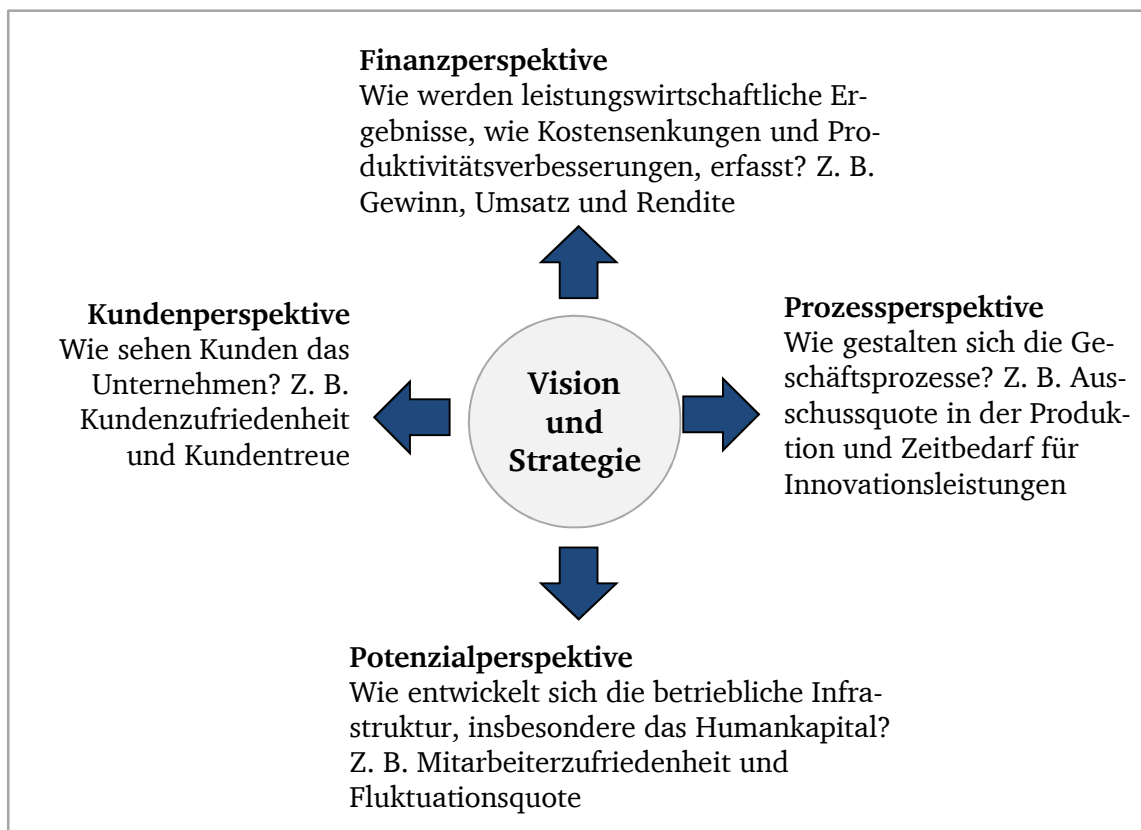


Abbildung 3: Balance Scorecard (eigene Darstellung nach Braun, 2011, S. 11; Schmalen & Pechtl, 2009, S. 106)

Bezugnehmend zu Produktivität und Wirtschaftlichkeit stehen hier die Kunden-, Prozess-, Potenzial- und Finanzperspektive im Vordergrund. Der Kunde steht im Mittelpunkt des wirtschaftlichen Geschehens und bestimmt Marktentwicklung, Nachfrage, Absatzquote, Reklamations- und Nachbesserungsquote. Der Prozess steht im Spannungsfeld zwischen Kunde und Unternehmen und wird durch Qualitätskennzahlen, Produktivitätskennzahlen und Ausfallkosten aufgrund ausgefallener Mitarbeiter beschrieben (Braun, 2011, S. 12). Die Balance Scorecard verfolgt das Ziel, mithilfe eines ganzheitlichen

Ansatzes das Unternehmensgeschehen durch möglichst wenige jedoch aussagekräftige Kennzahlen abzubilden. Dabei wird Zielkomplementarität als Prämisse angenommen: Je besser die Ziele in der Potenzialperspektive oder der betreffenden Kennzahlen erreicht werden, desto besser erfüllt sich die Prozessperspektive. Der Erfolg beider Perspektiven wirkt sich ebenfalls positiv auf die Kundenperspektive und indirekt auf die finanzwirtschaftliche Perspektive aus (Schmalen & Pechtl, 2009, S. 106). Alle vier Perspektiven finden sich im ROI als Steuerungselement wieder, sofern die Abgrenzung unternehmensinterner Daten und Bewertungen möglich ist. Daher ist hier besondere Sorgfalt notwendig, damit der ROI als aktives Führungsinstrument verwendet werden kann (Budde, 1973, S. 20).

2.3.4. Steuerung und Führung durch ROI

Das erwerbswirtschaftliche Prinzip in der freien Marktwirtschaft zielt darauf ab, dass ein Unternehmen mit Sparsamkeit und allen verfügbaren Mitteln möglichst alle gebotenen Marktchancen wahrnimmt sowie einen möglichst hohen Gewinn erzielt. Aufgabe ist es demnach, alle möglichen Teilgrößen derart aufeinander abzustimmen, dass das erwerbswirtschaftliche Ziel unter Hilfestellung der Führungsebene erreicht werden kann (Gretz, 1971, S. 11; Gretz, 1996, S. 13). Infolge einer Kennzahlenermittlung wird eine Transparenz erzielt, mit welcher feststellbar ist, welche Größe dominiert und welche besonders sorgfaltspflichtig erscheint. So wird der Beitrag jeder Größe ersichtlich, berechenbar und auch steuerbar. Kosten und Nutzen werden definiert und sogenannte Profit-Center² können ermittelt werden. Das Management hat somit die Möglichkeit Einzelziele zu definieren und konsequent zu verfolgen. Demzufolge wird der ROI als Gesamtziel (Kennzahl) in Einzelziele (Teilkennzahlen) heruntergebrochen, einzeln verfolgt und schlussendlich wieder zusammengefügt, um als übergeordnete Kennzahl einem geeigneten Steuerungs- und Führungsmittel gerecht zu werden (Budde, 1973, S. 15 ff.).

Für den Erfolg des ROI als Steuerungs- und Führungsmittel müssen grundlegende Kriterien erfüllt sein (Phillips, 2003, S. 18 f.; vgl. Phillips et al., 2008):

1. Der ROI sollte leicht verständlich sein und keine komplexe Formeln, in die Länge gezogene Gleichungen und unverständliche Methoden enthalten.
2. Der ROI sollte wirtschaftlich und leicht einführbar sein.
3. Schlussfolgerungen, Methoden und Techniken sollten glaubwürdig und zuverlässig sein.

² Als Profit-Center wird ein Unternehmensbereich bezeichnet, welcher eigene Verantwortung für den betriebswirtschaftlichen Erfolg trägt (Budde, 1973, S. 17).

-
4. Aus der Forschungssicht sollte das Modell theoretisch fundiert und durch die Praxis belegbar sein.
 5. Das Modell muss weitere Faktoren beinhalten, welche das Ergebnis beeinflussen.
 6. Der ROI muss in vielfältiger Weise einsetzbar und anwendbar sein.
 7. Das Instrument soll derart flexibel sein, dass es nicht nur für Ist-Analysen, sondern auch für Vergangenheits- und Soll-Betrachtungen herangezogen werden kann.
 8. Das Modell sollte für alle Daten geeignet sein, d. h. harte Daten - wie Output, Qualität, Kosten und Zeit - sowie weiche Daten - bspw. Mitarbeiter- und Kundenzufriedenheit, Absentismus und Umsatz - berücksichtigen.
 9. Der ROI sollte die Kosten dem Gewinn gegenüberstellen. Das Ausschließen des Kostenaspekts würde die Glaubwürdigkeit des Modells in Frage stellen.
 10. Die Bewertung sollte eine akzeptable Formel sein und das Ergebnis in Prozenten widerspiegeln.
 11. Als Steuerungs- und Führungsmittel sollte der ROI eine Erfolgsgeschichte nachweisen und die gewünschten Ergebnisse erzielen.

Vermutlich lassen sich nicht alle Kriterien und Anforderungen in allen ROI-Modellen wiederfinden, jedoch wird in der vorliegenden Arbeit eine Berücksichtigung der meisten Kriterien angestrebt. In diesem Fall zeigt sich der Erfolg des Modells nach dessen Umsetzung in die Praxis. Ob der ROI als ein solches Hilfsmittel in der Unternehmenswelt integriert und angewendet werden kann, wird im Ausklang der Arbeit nochmals aufgegriffen und abschließend diskutiert.

2.4. Schlussfolgernde Betrachtung

Nach Forschungen in den 70ern ist die weitere Entwicklung der Verfahren zur erweiterten Wirtschaftlichkeitsanalyse nahezu eingestellt worden. Ziel war es, zunächst ein Verfahren zu generieren, welches möglichst alle bei Investitionsentscheidungen relevanten Einflussgrößen in monetäre Größen umwandelt und in die Analyse einbezieht. Hindernd war insbesondere bei schwer monetarisierbaren Kriterien die enorme Menge an notwendigen Daten, um statistisch signifikante Ergebnisse zu erhalten. Dies erwies sich in der Praxis als nicht umsetzbar. Den Unternehmen war diese Vorgehensweise im Allgemeinen zu aufwendig, so dass vermehrt nach Softwarelösungen gesucht wurde, in denen diese Verfahren als Varianten abgebildet wurden (Spelten, 2007, S. 47 f.).

Beispielhaft erläutert dies Spelten (2007, S. 48) an der Nutzwert-Analyse, welche für nicht und schwer monetarisierbare Größen ein hilfreiches Mittel darstellt. In der Praxis wird diese Methode in Entschei-

dungsfragen als vielversprechendes Werkzeug angesehen, scheitert jedoch häufig im Controlling infolge der hohen bzw. „unnötigen“ Aufwendungen. Eine Transformation existierender monetärer Werte in eine Punktesystematik, um bei einer weiteren Nutzwert-Analyse der Teilgrößen ein Gesamtergebn zu erhalten, wird jedoch vorab aufgrund der Vernachlässigung der Amortisationsdauer abgelehnt (Spelten, 2007, S. 47 f.).

Die grundlegende Frage lautet, welcher Ansatz eine Wirtschaftlichkeitsbeurteilung ergonomischer Gestaltungsmaßnahmen ermöglicht. Die vorliegende Arbeit beschäftigt sich damit, einen betriebswirtschaftlichen Ansatz zu finden, der mithilfe einer monetären Bewertung aller Einflussgrößen ein für das Controlling und Management akzeptables Maß zum Nachweis betriebswirtschaftlicher Effekte generiert. Die Kosten-Nutzen-Analyse stellt ein geeignetes Instrument dar, Kosten- und Nutzeneffekte unterschiedlicher Maßnahmen ins Verhältnis zu setzen und anschließend zu beurteilen. Ein weiterer Grund für die Anwendung dieser Methode in der vorliegenden Arbeit ist die Beurteilung nicht-monetärer Größen und Effekte mithilfe von Personalkosten. Die Kosten-Wirksamkeits-Analyse erscheint ebenso als Methode geeignet, insofern eine Transformation der Parameter in monetäre Einheiten nicht möglich sein sollte (Thiehoff, 1997a, S. 18). Da es sich in dieser Forschungsarbeit jedoch um eine objektive Bewertung handelt, wird dieses Investitionsrechenverfahren somit ausgeschlossen.

Der ROI als ein Maß der Rentabilitätsrechnung nach Kosten- und Nutzenaspekten orientiert sich an Vergangenheitsdaten und ist daher in der Prognose von möglichen Effekten einzelner Kennzahlen schwer anwendbar. Bspw. lässt sich vorab nicht ableiten, wie viele Fehler nach Umsetzung der Maßnahme eintreten werden. Dies ist nur durch das Treffen von subjektiven Annahmen möglich. Des Weiteren bietet der ROI als Form der Kennzahlenbetrachtung einen hohen Gestaltungsspielraum, z. B. kann dieser periodisch, unter Einbeziehung des Totalerfolgs sowie gezielt für Einzelinvestitionen ermittelt werden.

Als Steuerungs- und Führungsmittel ermöglicht der ROI einen Nachweis über die Vorteilhaftigkeit von Investitionen zu generieren. Laut derzeitigem Forschungsstand bleibt jedoch offen, wie dieser als Mittel zur Steuerung und Führung eingesetzt werden kann. Zudem werden die Nutzer dieses Instruments nicht eindeutig benannt und Umsetzungen in die Praxis lediglich im geringen Umfang ausgeführt. Aus arbeitswissenschaftlicher Sicht ist es nicht das Anliegen zu beurteilen, ob die Investition nach Erreichen eines vorab definierten Zielwertes umgesetzt wird. Gegenstand weiterer Untersuchungen könnte jedoch das Festlegen von zeitlich festgelegten Prioritätsregeln sein.

Die Herausforderung der Forschung besteht darin, anhand eines betriebswirtschaftlichen Verfahrens die Wirkung arbeitsgestalterischer Maßnahmen auf Unternehmenskennzahlen, wie z. B. Qualität und Produktivität, zu bestimmen und monetär zu bewerten. Erforderliche Informationen beruhen dabei auf unternehmensinternen Daten, welche Stabilität aufweisen und ausreichend dokumentiert sind. Der

Anspruch ist es, ein nachvollziehbares und anwendbares Modell zu entwickeln, welches zudem eine Steuerung und Führung mit Blick auf menschengerechter Arbeitsplatzgestaltung zulässt. Diesbezüglich werden mit Fokus auf arbeitsplatzbezogenen Belastungen ergonomische Faktoren, welche ungünstige Körperhaltungen und -stellungen (hohe Kräfte und Lasten etc.) bewirken, untersucht. Infolge einer schlecht zu quantifizierenden und schwierigen objektiven Darstellung subjektiver und externer Einflussfaktoren (wie bspw. Motivation, Erkrankungen, Sport- und Freizeitunfällen) bleiben diese unberücksichtigt. Damit wird in folgender Untersuchung eine quantitative und zugleich monetäre Bewertung dieser Faktoren nicht durchgeführt. Schwerpunkt der Untersuchung ist es demzufolge objektiv nachzuweisen, welche Effekte bei der Umsetzung ergonomischer Gestaltungsmaßnahmen an Arbeitsplätzen auftreten, um diese anschließend betriebswirtschaftlich zu bewerten.

3. Entwicklung eines Konzeptes zur monetären Bewertung von ergonomischen Gestaltungsmaßnahmen

In der tagtäglichen Betriebspraxis haben sich Unternehmen das Ziel gesetzt sowohl konzeptionelle als auch korrektive Verbesserungen der Arbeitssysteme zu berücksichtigen. Nach Abele & Reinhart (2011, S. 154; 2011, S. 158 f.) ist zukünftig eine weitere Differenzierung nach Altersstrukturen und Fähigkeitsspektrum der Belegschaft unabdingbar. In der Zukunft müssen die unterschiedlichen Anforderungen der Mitarbeiter in den Arbeitssystemen berücksichtigt werden. Dabei steht die Anpassung des Arbeitsplatzes verbunden mit Arbeitsabläufen und -inhalten im Vordergrund der Betrachtung. Gestalterische Maßnahmen der Arbeitsmittel und Umgebungsbedingungen sollten zusätzlich geprüft werden. Bevor eine Umsetzung der Maßnahme erfolgt, gilt es Kosten- und Nutzenaspekte wirtschaftlich darzulegen. Dabei wird der Nachweis der Rentabilität sowohl auf Kosten- und Nutzenseite, d. h. betriebswirtschaftlicher und arbeitswissenschaftlicher Ebene, von diversen Herausforderungen geprägt. Zudem erschließen sich unterschiedliche betriebsinterne Bewertungen für die einzelnen Kosten- und Nutzenfaktoren, welche mithilfe eines ROI-Modells eine Gegenüberstellung und Bewertung der Investition ermöglichen. In Kapitel 3 wird eine mögliche Verfahrensweise unter Berücksichtigung ausgewählter Unternehmenskennzahlen zur wirtschaftlichen Beurteilung von Maßnahmen vorgestellt.

3.1. Anforderungen an die ergonomische Arbeitsplatzgestaltung

Maßnahmen seitens des Arbeitsschutzes und der Arbeitssicherheit kommen Mitarbeiter und Unternehmen gleichermaßen zu Gute, wie bspw. durch die Reduzierung von arbeitsbedingten Erkrankungen und Unfällen. Bei der Berücksichtigung ergonomischer Gestaltungsprinzipien werden zusätzlich die menschengerechte Ausführbarkeit und Erträglichkeit der Arbeitstätigkeit gewährleistet. Jedoch ist der Nachweis über die Vorteilhaftigkeit ergonomischer Gestaltungsmaßnahmen vielfältig und schwer fassbar. Abbildung 4 stellt nach Elias (1985, S. 27) die zur Belastungsreduzierung am Arbeitsplatz erforderlichen Maßnahmen dar. Mit der Umsetzung einer ergonomischen Arbeitsplatzgestaltung werden laut Ugbebor & Adaramola (2012, S. 484) Qualitäts- und Produktivitätspotenziale (s. Kapitel 3.4.1) freigesetzt. Diese beeinflussen den Unternehmenserfolg wiederum positiv.

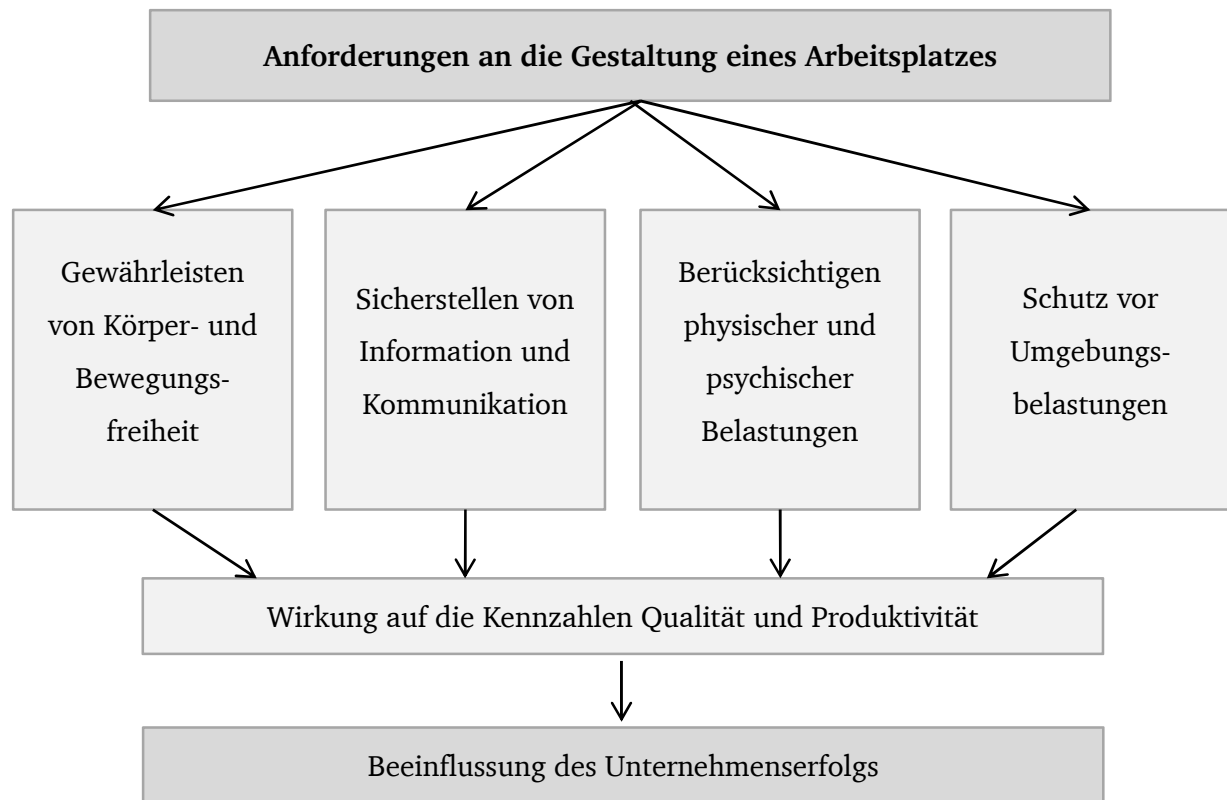


Abbildung 4: Anforderungen an die Gestaltung eines Arbeitsplatzes zur Belastungsreduzierung des Mitarbeiters (eigene Darstellung nach Elias, 1985, S. 27)

Landau et al. (2004, S. 271 ff.) stützt dies mit seiner Studie zur Bilanzierung erfolgreicher Veränderungen durch die ergonomische Arbeitsplatzgestaltung. In dieser wurden Erfolgs- und Impulsfaktoren, Sichtweisen der Mitarbeiter sowie Problemschwerpunkte bei Veränderungen des Arbeitsumfelds und der Arbeitsbedingungen auch im wirtschaftlichen Kontext untersucht. Darauf aufbauend werden im Folgenden die Auswirkungen einer ergonomischen bzw. ergonomisch ungünstigen Arbeitsplatzgestaltung anhand ausgewählter Gesichtspunkte, wie Humanität, Wirtschaftlichkeit und volkswirtschaftlichen Wirkungen, erläutert:

Arbeitsbedingte Erkrankungen

Erkrankungen, deren Ursachen im Zusammenhang zur alltäglichen Arbeitstätigkeit stehen, werden als arbeitsbedingte Erkrankungen bezeichnet. Diese Gesundheitsstörungen können wiederum die Leistungsfähigkeit des Mitarbeiters maßgeblich beeinflussen. Thiehoff (1997b, S. 15) trifft hier die Annahme, dass 33 % der Erkrankungen, davon überwiegend das Muskel-Skelett-System betreffend, auf arbeitsbedingte Faktoren zurückzuführen sind. Das Arbeitssicherheitsgesetz (ASiG) sieht es als Teilaufgabe der Betriebsärzte „[...] Ursachen von arbeitsbedingten Erkrankungen zu untersuchen, die Unter-

suchungsergebnisse zu erfassen und auszuwerten und dem Arbeitgeber Maßnahmen zur Verhütung dieser Erkrankungen vorzuschlagen.“ (ASiG §3(1), 3.c)

Beispielhaft für Produktionsausfälle durch Arbeitsunfähigkeit wurden für die Volkswagen AG³ folgende Ergebnisse ermittelt (s. Abbildung 5): Im Jahr 2012 wurden durchschnittlich pro Mitarbeiter 10,3 Arbeitsunfähigkeitstage (AU-Tage) identifiziert. Dies entspricht hochgerechnet auf alle Mitarbeiter aus dem Leistungslohnbereich 1,23 Tsd. Erwerbsunfähigkeitsjahre. Bezogen auf das durchschnittliche Einkommen pro Mitarbeiter entsteht infolge der Arbeitsunfähigkeit jährlich ein Verlust von zirka 74,4 Mio. €. Pro Arbeitnehmer und pro AU-Tag berechnet sich auf dieser Basis ein Betrag von zirka 164 Tsd. €. Um arbeitsabhängige Fehlzeiten zukünftig zu reduzieren, ist das Unternehmen angesichts des enormen Einsparungspotenzials angehalten, die Arbeitsbedingungen ergonomisch zu gestalten und zu verbessern.

43.325 Arbeitnehmer (Leistungslohn) x 10,3 AU-Tage	
= 446.248 AU-Tage	
= 1,23 Tsd. Erwerbsunfähigkeitsjahre	
Schätzung der Produktionsausfallkosten anhand der Lohnkosten (Produktionskosten)	
1,23 Tsd. Erwerbsunfähigkeitsjahre x 60.000 € (durchschnittliches Arbeitnehmerentgelt pauschal)	
= entstandene Kosten durch Arbeitsunfähigkeit =	73.356.000 €
= Produktionsausfall je Arbeitnehmer =	1.693.200 €
= Produktionsausfall je AU-Tag pro Arbeitnehmer =	164.400 €

Abbildung 5: Schätzung der volkswirtschaftlichen Produktionsausfälle der Volkswagen AG durch Arbeitsunfähigkeit im Jahr 2012 (eigene Darstellung nach BAuA, 2010, S. 1)

Unfälle

Neben arbeitsbedingten Erkrankungen werden ebenfalls Arbeits- und Wegeunfälle in Gesundheitsstatistiken ausgewiesen. Bei Unfällen handelt es sich laut Sozialgesetzbuch (SGB VII §8(1)) um zeitlich begrenzte Ereignisse. Zu unterscheiden sind Arbeits-, Wege- und Freizeitunfälle. Bei Arbeitsunfällen ist der Arbeitgeber in der Pflicht, sicherheitsbedingte Richtlinien bei der Arbeitsplatzgestaltung zu berücksichtigen. Wege- und Freizeitunfälle liegen im Ermessen jedes Einzelnen und lassen sich nur bedingt durch ergonomische Arbeitsplatzgestaltungsmaßnahmen beeinflussen. Jedoch besteht die Mög-

³ Zur Volkswagen AG gehören die Standorte Wolfsburg, Braunschweig, Hannover, Salzgitter, Kassel und Emden.

lichkeit durch Reduzierung der physischen und psychischen Belastungen, das allgemeine Unfallrisiko zu senken. Laut der Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (BAuA) (2010, S. 4; 2009, S. 4; 2008, S. 4) betragen Unfälle und Verletzungen im produzierenden Gewerbe einen Anteil von durchschnittlich 14,2 % der volkswirtschaftlichen Ausfälle.

Qualitätsverbesserungen

Ergonomische Arbeitsplätze und Prozesse können mit einer positiven Beeinflussung der Qualitätskennzahl einhergehen. Untersuchungen von Qualitätsdefiziten, Nacharbeitsstatistiken und Ausschussproduktionen verdeutlichen, dass die Reduzierung der Fehlerhäufigkeit durch den Mitarbeiter mithilfe ergonomischer Verbesserungsmaßnahmen am Arbeitsplatz und im Prozess einen monetären Wert generiert (Beevis, 2003, S. 495). Dieser offenbart Einsparungs- und Produktivitätspotenziale im Hinblick von Kostensenkungen und Qualitätssteigerungen.

Eklund (1995, S. 18) stellte in seiner Studie zum Thema Beziehungen zwischen Ergonomie und Qualität im Montagebereich fest, dass Qualitätsdefizite aufgrund ergonomisch ungünstiger Arbeitsplätze drei Mal häufiger als reguläre Fehlerraten auftreten. Dies verdeutlicht die Korrelation zwischen ergonomisch ungünstigen Arbeitstätigkeiten und einer erhöhten Fehlerzahl. Allerdings bedeutet dies nicht, dass alle Qualitätsdefizite oder Fehler durch ergonomisch ungünstige Arbeitsplätze entstehen oder im Umkehrschluss sich alle Defizite durch ergonomische Arbeitsplatzgestaltung beseitigen lassen. Demnach ist es bei der Betrachtung dieser Kennzahl von Bedeutung, die ergonomischen bzw. ergonomisch ungünstigen Faktoren von weiteren Einflüssen zu trennen. Weitere Einflüsse stellen bspw. Materialfehler, fehlendes Training der Arbeitsperson, mangelnde Motivation und erhöhter Stress der Mitarbeiter, z. B. durch Taktgebundenheit, dar. Um eine signifikante Aussage über die oben beschriebene Korrelation zu erhalten, ist mit Augenmerk auf arbeitswissenschaftliche Untersuchungen der vorab beschriebene Zusammenhang zu beachten und von weiteren Einflussfaktoren zu trennen (Neubert et al., 2012b, S. 132).

In einer Studie von Vink et al. (2006, S. 538 f.) über Zusammenhänge zwischen Ergonomie und Qualität in der Montage schilderten Mitarbeiter in einer Befragung, dass die ergonomisch ungünstige Ausgestaltung der Arbeitsplätze oder das Design der Einbauteile zu Diskomfort bei der Ausführung der Arbeitstätigkeit führten. Durch die weniger vorteilhaften Arbeitstätigkeiten fühlten sie sich im besonderen Maße im Bereich des Muskel-Skelett-Systems belastet. Als Konsequenz nahmen die Mitarbeiter schlechtere Qualität für ein besseres Wohlbefinden in Kauf. Daraus lässt sich schlussfolgern, dass besserer Komfort am Arbeitsplatz die Qualität der Produkte sowie des Montageprozesses fördert und somit die Produktivität steigt.

Zu vermuten ist, dass durch Umsetzung einer ergonomischen Arbeitsplatzgestaltung ein hoher Kostenbetrag aufgrund der Fehlerbehebung eingespart werden könnte und damit Qualitäts- und Produktivitätsverbesserungen einhergehen. Die ökonomische Betrachtung dieser zusammenhängenden Kennzahl erfolgt ausführlich in Kapitel 3.4 und Kapitel 3.5.

Produktivitätssteigerungen

Nach Töpfer (2007, S. 75) wird Produktivität als ein Effizienzmaß definiert, welches Ergebnis-Einsatz-Relationen abbildet. Auf dieser Art und Weise können Prozesse in Bezug auf Wirtschaftlichkeit (Balderjahn & Specht, 2011, S. 14 f.; s. Kapitel 3.2.1), wie in Formel 7 dargestellt, abgeleitet werden.

Formel 7: Ergebnis-Einsatz-Relationen nach Töpfer (2007, S. 75)

$$\text{Effizienz} = \frac{\text{Ergebnis}}{\text{Einsatz}} = \frac{\text{Leistung}}{\text{Einsatz}} = \frac{\text{Output}}{\text{Input}} > 1!$$

Zur Effizienzbeurteilung sollte das Ergebnis grundlegend über eins liegen. Bei technischen und wertmäßigen Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen, bspw. Maschinen-, Flächen- und Arbeitsproduktivität je Zeiteinheit, werden Zähler und Nenner durch unterschiedliche Maßeinheiten beschrieben. Infolge eines positiven Quotienten wird von Mehrwert oder auch Wertschöpfung gesprochen. Bei einem gegenteiligen Effekt handelt es sich um Verschwendung der eingesetzten Ressourcen (Töpfer, 2007, S. 75). Zu unternehmerischen Argumentationszwecken ist eine Darstellung in Prozent und anschließende Priorisierung sinnvoll, z. B. $\geq 50\%$ sofort umsetzen und $\geq 20\% < 50\%$ zeitnah umsetzen.

Die Ergebnis-Einsatz-Relation der Effizienz offenbart, ob die Investition wertschöpfend ist und stellt somit einen Bezug zum Wirtschaftlichkeitsprinzip als generelle Handlungsmaßgabe zur Zielerreichung wirtschaftlichen Handelns dar (Töpfer, 2007, S. 75). In der Praxis kann Produktivität vielseitig konzipiert werden. Einerseits beinhaltet diese Kennzahl Aspekte wie Qualität und F-Zeit aber andererseits auch den langfristigen und wertschöpfenden Einsatz aller Mitarbeiter im Unternehmensgeschehen. Detaillierte Erläuterungen zu den unterschiedlichen Ausprägungen der Produktivitätskennzahl erfolgen in Kapitel 3.4.

Weitere Faktoren

Neben der physischen Belastung bei der Tätigkeitsausführung fühlt sich der Mitarbeiter nach De Looze et al. (2010, S. 321) aufgrund der Nacharbeit häufig unmotiviert und entmutigt, da vermehrt Fehler

anderer Mitarbeiter ausgeglichen werden müssen. Zudem ist die Beseitigung des Fehlers mit Mehraufwand verbunden, je weiter der Fehler im Montageprozess mitgeführt wird (s. Abbildung 16 in Kapitel 3.4.2). Somit wird Nacharbeit nicht nur schwieriger, sondern auch kostenintensiver. Dies bedeutet, dass die Ausführung der Nacharbeitstätigkeiten durch den Mitarbeiter zu einer physischen und psychischen Belastung führt, welche im Vorfeld durch ergonomische Arbeitsplatzgestaltung vermeidbar gewesen wäre. Aufgrund der schwierigen monetären Erfassung und Bewertung der individuellen psychischen Belastungen der Mitarbeiter bleiben diese Effekte in der vorliegenden Arbeit unberücksichtigt.

Weitere nicht zu vernachlässigende Faktoren sind bspw. intrinsische Faktoren wie Motivation und Arbeitszufriedenheit (Spelten, 2007, S. 9 f.). Eine positive Beeinflussung dieser weichen Faktoren durch den Arbeitgeber kann zu einer Leistungssteigerung des Mitarbeiters führen. Dies stützt die vorangegangene Erläuterung hinsichtlich einer verbesserten Motivation und eines angenehmeren Arbeitsgefühls durch eine positive Einwirkung auf den Komfort des Mitarbeiters während seiner Tätigkeit (Vink et al., 2006, S. 538 f.). Motivation und Arbeitszufriedenheit sind mithilfe objektiver Parameter allerdings nicht messbar. Da in der vorliegenden Forschungsarbeit auf eine subjektive Gewichtung und individuellen Annahmen verzichtet wird, bleiben diese Faktoren hier ebenfalls unbeachtet.

Spelten (2007, S. 10) erwähnt zudem die Verbesserung der Umgebungsbedingungen (Klima, Schall, Schwingungen, Lärm usw.) als Einflussfaktoren der ergonomischen Arbeitsgestaltung. Jedoch ist eine ökonomische Erfassung und Bewertung des Mehrwerts der Veränderungen objektiv ebenfalls schwer möglich.

Trotz der Vernachlässigung subjektiv einzuschätzender Parameter ist eine Beeinflussung ergonomischer Gestaltungsmaßnahmen auf die bisher genannten Aspekte dennoch erkennbar und verweist auf die Bedeutsamkeit einer ökonomischen Betrachtung dieser Faktoren.

3.2. Bedeutung für die Fachdisziplin Betriebswirtschaftslehre

3.2.1. Grundannahmen ökonomischen Handelns

Ökonomische Kriterien werden maßgeblich über den Begriff der Wirtschaftlichkeit definiert: D. h. ist im Verhältnis der Ertrag größer als der notwendige Aufwand der gleichen Periode (> 1), ist die Investition wirtschaftlich. Ist der Aufwand jedoch größer als der Ertrag (< 1), so wird von unwirtschaftlichem Verhalten gesprochen. Formel 8 stellt die erläuterten Szenarien einer Wirtschaftlichkeitsanalyse mathematisch dar:

Formel 8: Wirtschaftlichkeitsbeurteilung (eigene Darstellung nach Spelten, 2007, S. 2; Gretz, 1971, S. 49; Schierenbeck & Wöhe, 2012, S. 5; Warnecke et al., 1991, S. 15; Wöhe & Döring, 2010, S. 34)

$$\text{Wirtschaftlichkeit} = \frac{\text{Ertrag}}{\text{Aufwand}} = \frac{\text{Nutzen}}{\text{Kosten}} = \frac{\text{Output}}{\text{Input}} > 1!$$

Infolge Globalisierung und Wettbewerbsdruck sind Unternehmen gezwungen zu minimalen Kosteneinsatz den maximalen Nutzen zu erwirtschaften. Daher ist insbesondere die monetäre Erfassung des Nutzenaspekts, welcher in der Vergangenheit kaum quantifizierbar war, der ergonomischen Arbeitsplatzgestaltung von hoher Bedeutung (Warnecke et al., 1991, S. 22). Insbesondere Maßnahmen zur Ergonomieverbesserung, welche einen zusätzlichen wirtschaftlichen Nutzen bewirken, werden häufig in Investitionsrechnungen unzureichend berücksichtigt. Grund hierfür ist eine fehlende Methodik zur Herleitung und monetären Erfassung ergonomischer Einzelinvestitionen. In den letzten Jahren wurden bereits Untersuchungen monetär wirksamer Einflussgrößen durch namenhafte Arbeitswissenschaftler und Praktiker durchgeführt. Beispiele hierfür sind: Hendrick (1996), Landau (1999), Landau (2002), BAuA (2007) und Spelten & Landau (2011).

Wirtschaftliche Entscheidungen und Investitionen in Unternehmen werden zunächst vernunftbegründet (Wöhe & Döring, 2010, S. 33). Dieses vernunftgetriebene und rationale Verhalten entspricht eines der Identitätsprinzipien der Betriebswirtschaftslehre hinsichtlich wirtschaftlichen Handelns (Töpfer, 2007, S. 61). Das ökonomische Prinzip resultiert aus dem Rationalprinzip und somit, wie in Abbildung 6 dargestellt, aus dem allgemeinen Vernunftprinzip als grundlegende Handlungsanweisung.

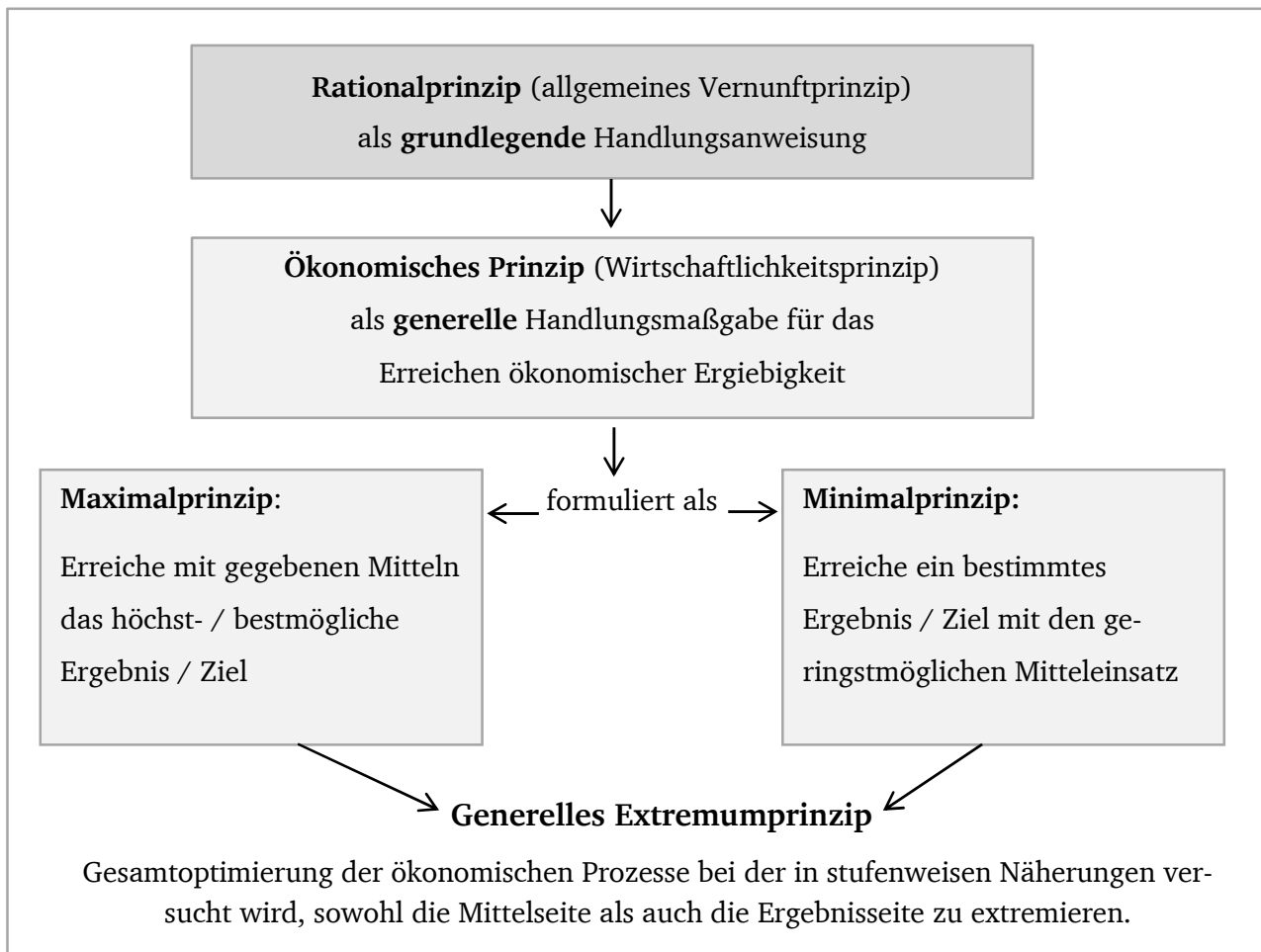


Abbildung 6: Prinzipien wirtschaftlichen Verhaltens (eigene Darstellung nach Töpfer, 2007, S. 62; Schmalen & Pechtl, 2009, S. 9)

Grundlegend ist der Mensch ein vernunftbegabtes Wesen, welcher in der Lage ist dementsprechend zu handeln. Vernunft bedeutet sinnliche Wahrnehmungen geistig zu verarbeiten und den Zusammenhang begreifen zu können. Unterstellt wird ein freies und ungezwungenes Handeln nach Abwägen rationalen und emotionalen Verhaltens (Töpfer, 2007, S. 61; Schierenbeck & Wöhle, 2012, S. 5; Balderjahn & Specht, 2011, S. 15). Folglich wird die menschliche Vernunft durch eine erkenntnis- und handlungsleitende Kraft getrieben, welches mit der Ideologie des Rationalprinzips und somit einem generell zweckgerichteten Vorgehen einhergeht. Nach Töpfer (2007, S. 61) führen die Definition der Ziele und die Mittelwahl zu einer vernünftigen Zielrealisierung: „Handle vernünftig bei vorgegebenen oder selbst gesetzten Zielen!“ Laut Wöhe & Döring (2010, S. 34) sollte es das Bestreben sein, ein günstiges Verhältnis zwischen Ergebnis und Einsatz als Handlungsregel zu erreichen.

Im Rahmen der Interpretation des Rationalprinzips formulieren sich des Weiteren folgende Begriffe: Das ökonomische Prinzip wird zudem als Wirtschaftlichkeitsprinzip bezeichnet, welches die Handlungsmaßgabe für die ökonomische Zielerreichung darstellt (Wöhe & Döring, 2010, S. 34). Die Hand-

lungsmaxime des wirtschaftlichen Handelns ist ein rationales Handeln bei der Verfolgung angestrebter Ziele, bei dem die knappen Ressourcen bzw. Mittel zum maximal möglichen Einsatz gebracht werden (minimales oder maximales Extremumprinzip). Solches Handeln und Verhalten wird unter Verfolgung der generellen Maßgabe als ökonomisch rational beschrieben (Töpfer, 2007, S. 61 f.). Mankiw & Taylor (2012, S. 586) und Wöhe & Döring (2010, S. 41) bezeichnen (streng) rationale Menschen als „homo oeconomicus“. Unter Berücksichtigung der existierenden Beschränkungen entscheiden sie sich stets für die bestmögliche Handlungsalternative. Die obere Darstellung stellt das Zusammenspiel einzelner Prinzipien als Leitfaden der Betriebswirtschaft und der Wirtschaftswissenschaften dar.

Rückblickend auf die vorangegangenen Ausführungen wird die elementare Notwendigkeit des Wirtschaftens für den Menschen und die allgemeine Reichweite des ökonomischen Prinzips deutlich. Dies schließt zugleich die Entscheidungskraft bei zu tätigen Investitionen bezüglich der hier thematisierten ergonomischen Verbesserungsmaßnahmen ein. Schlussendlich sind Investitionen in sowohl konzeptionelle als auch korrektive ergonomische Gestaltungsmaßnahmen zur Erhaltung der Wirtschaftlichkeit eines Unternehmens notwendig. Die Investitionspolitik wird demzufolge langfristig zu einer grundlegenden Entscheidungsfrage der unternehmerischen Führungsinstanz gehören. Die Wirtschaftlichkeitsbeurteilung sollte dabei über Investitions- bzw. Wirtschaftlichkeitsrechnungen monetär messbarer Größen bzw. Kennzahlen erfolgen (Warnecke et al., 1991, S. 22 f.). In Kapitel 2 wurden mögliche Methoden zur Investitionsbeurteilung nach genannten Prinzipien erläutert. Die Kosten-Nutzen-Analyse stellte sich dabei als geeignetes Verfahren zur Kennzahlenbeurteilung (s. Kapitel 3.5) in der anschließenden Untersuchung dar.

3.2.2. Herausforderungen einer Kosten-Nutzen-Analyse

Kostenermittlung

Kosten werden nach Krüger et al. (1998, S. 29) als bewerteter Güter- und Leistungsverzehr, welcher zu Darstellung einer betrieblichen Leistung notwendig ist, definiert. Leistungen sind demzufolge bewertete Güter und Leistungen, welche durch eine betriebliche Tätigkeit geschaffen wurden. Für eine vollständige Identifizierung und Erfassung einzubeziehender Kosten bzw. Kostenarten ist eine exakte Zuordnung von bestimmten Kosten der gleichen Konten notwendig. Dies fällt unter den Begriff der Buchungsgleichmäßigkeit. Die Beurteilung des Güter- und Leistungsverzehrs vollzieht sich grundsätzlich nach den handels- und steuerrechtlich festgelegten Wertansätzen aus den Daten der Finanzbuchhaltung. Beispiele hierfür sind Anschaffungs- oder Herstellkosten und Börsen- oder Marktpreise (Krüger et al., 1998, S. 29).

Die Herausforderungen in der Kostenermittlung bestehen in der Trennung von Maßnahmen zur ergonomischen Gestaltung von Arbeitsplätzen und betrieblichen Maßnahmen sowie in der Berücksichtigung nicht-monetärer Werte. Diese stellen sich wie folgt dar:

- Die Abgrenzungsschwierigkeiten hinsichtlich einer ergonomischen und betrieblichen Maßnahme werden am Beispiel der Beschaffung eines Bürostuhls mit ergonomischen Sonderfunktionen deutlich. Diese Zuteilung liegt in den Händen des Kostenrechners und des Ergonomie-Experten. Die Maschinenrichtlinie 89/392/EWG⁴ erschwert dies zunehmend, da „z. B. Arbeitsmittel nur in den Verkehr gebracht werden, wenn sie den Benutzer nicht mehr als unbedingt erforderlich belasten und ermüden.“ Infolgedessen ist eine Unterscheidung in die Kategorien „ergonomische“ und „betriebliche“ Maßnahme kaum möglich (Krüger et al., 1998, S. 31 ff.).
- Die Erfassung, Bewertung und Zuteilung der monetären Kosten erfolgt größtenteils durch die Kostenrechnung. Erarbeitete Verteilungskriterien sollen die Zuordnung einzelner schwebender Elemente unterstützen. Erwartete Folgekosten sind dabei aus Erfahrungs- und Vergangenheitswerten zu bestimmen. Ein Zusatz über eventuelle Ausfälle, Unsicherheiten und Höhe der Kosten sollte ersichtlich vermerkt werden. Nicht-monetäre Werte werden in rein monetären Auswertungen nicht erfasst. Eine Möglichkeit besteht, diese dennoch mithilfe von Interviews, Gruppendiskussionen und Beobachtungen aufzunehmen und für weitere Analysen zu dokumentieren (Krüger et al., 1998, S. 33).

Schließlich wird die Erfassung der gesamten Maßnahmenaufwendungen durch die Finanzbuchhaltung und Kostenrechnung durchgeführt. Eine zusätzliche Bewertung von ergonomischen Gestaltungsmaßnahmen ist demnach nicht erforderlich (Krüger et al., 1998, S. 29).

Nutzenermittlung

Der Nutzen wird als Summe aller positiven Wirkungen einer Maßnahme, aber auch als Erfolge, Vorteile, Erträge oder Erlöse einer Maßnahme, definiert (Krüger et al., 1998, S. 34). Zur Nutzenbewertung wird die Beziehung zwischen Kosten und Leistungen und des eigentlichen Betriebszwecks, wie der Produktion von Gütern, herangezogen. Zum Tragen kommt dies sowohl bei der Beurteilung des Unternehmenserfolgs, der Kontrolle der Wirtschaftlichkeit (s. Kapitel 3.2.1) und Rentabilität (s. Kapitel 2.2) als auch bei der Produktivität des Betriebes (Krüger et al., 1998, S. 34).

⁴ Europäische Wirtschaftsgemeinschaft (EWG), 1993 in Europäische Gemeinschaft (EG) umbenannt.

Herausforderungen in der Nutzenermittlung bestehen einerseits in der Vielzahl an indirekt bzw. schwer quantifizierbaren Nutzenkomponenten und das zeitliche Auseinanderfallen von Ursache und Wirkung. Diese Herausforderungen werden in den folgenden Punkten erläutert:

- Betriebswirtschaftliche Investitionsrechnungen stellen den Kosten Einnahmen und Einzahlungsströme gegenüber. In der Praxis wird von Einsparungen gesprochen. Die Mehrheit der Nutzenkomponenten ist jedoch indirekt bzw. schwer quantifizierbar. Infolgedessen werden bedeutende positive, aber auch negative Wirkungen in den traditionellen Berechnungen nicht bewertet. Erweiterte Wirtschaftlichkeitsrechnungen lösen dies durch die Berücksichtigung von qualitativen Nutzenkomponenten in Planungsphasen, durch Auswahlverfahren oder nachträglichen Kontrollrechnungen (Krüger et al., 1998, S. 33 f.).
- Zudem kritisch zu beurteilen ist bei der Nutzenermittlung das zeitliche Auseinanderfallen von Maßnahmendurchführung (Input) und Wirkung (Output), so dass die Herstellung von kausalen Zusammenhängen kaum möglich ist (Krüger et al., 1998, S. 36; s. Kapitel 2.1.2).

Im Folgenden gilt es, die Anwendbarkeit finanzwirtschaftlicher Faktoren in der Arbeitswissenschaft zu untersuchen.

3.3. Bedeutung für die Fachdisziplin Arbeitswissenschaft

3.3.1. Gegenstand der Arbeitswissenschaft unter Einbeziehung wirtschaftlicher Faktoren

Gesetze und Verordnungen (s. Anhang A) unterstützen Unternehmen ihren Fokus auf menschengerechte Arbeitsgestaltung sowie die Sicherung von Gesundheit und Wohlbefinden auszurichten. Dennoch sind Betriebe gleichzeitig dem effizienten und wirtschaftlichen Handeln verpflichtet, so dass eine monetäre Bewertung arbeitswissenschaftlicher Aspekte zur Verankerung der Ergonomie bzw. der Disziplin Arbeitswissenschaft beitragen und Anwendung finden kann.

Nach Luczak et al. (1989, S. 59) ist die Arbeitswissenschaft „[...] die – jeweils systematische - Analyse, Ordnung und Gestaltung der technischen, organisatorischen und sozialen Bedingungen von Arbeitsprozessen mit dem Ziel, dass die arbeitenden Menschen in produktiven und effizienten Arbeitsprozessen

- schädigungsfrei, ausführbare, erträgliche und beeinträchtigungsfreie Arbeitsbedingungen vorfinden,
- Standards sozialer Angemessenheit nach Arbeitsinhalt, Arbeitsaufgabe, Arbeitsumgebung sowie Entlohnung und Kooperation erfüllt sehen,
- Handlungsspielräume entfalten, Fähigkeiten erwerben und in Kooperation mit anderen ihre Persönlichkeit erhalten und entwickeln können.“

Diese Definition der Arbeitswissenschaft nach Luczak et al. (1989, S. 59) stellt das Selbstverständnis als eine eigenständige Wissenschaft und somit nicht nur als einen Verbund aus den dazugehörigen Einzeldisziplinen, welche die menschliche Arbeit als Schwerpunkt definieren, dar. Arbeitswissenschaftler stellen sich der Analyse und der Gestaltung von Arbeitsprozessen. Die Ausgestaltung der technischen, organisatorischen und sozialen Bedingungen von Arbeitsprozessen wird durch drei entscheidende Absichten charakterisiert: Der individuelle Gesundheitsschutz gewährleistet Arbeitsbedingungen, welche keine arbeitsbedingten Erkrankungen und Verletzungen fördern und eine unbehinderte Ausführung der Arbeitstätigkeit garantieren. Des Weiteren ist erforderlich, dass die Arbeit der sozialen Angemessenheit entspricht und die Arbeitstätigkeiten in Aufgabe, Inhalt sowie deren Ausführung hinsichtlich Umgebung, Entgelt und sozialen Beziehungen den gesellschaftlichen Normen und Werten gerecht wird. Zusätzlich steht u. a. die Persönlichkeitsförderung und -entwicklung im Fokus der Arbeitswissenschaftler. Die Erledigung von Arbeitsprozessen ist dabei stets mit Lernprozessen und demnach mit der Entfaltung der eigenen Persönlichkeit verbunden (Bokranz & Landau, 1991, S. 19).

In der heutigen Praxis wird oftmals die Arbeitswissenschaft mit der Ergonomie gleichgesetzt. Jedoch handelt es sich nach Laurig (1992, S. 11) bei der Ergonomie um ein Teilgebiet der Arbeitswissenschaft. Hier stehen Aufgaben der technischen Rationalisierung, der Betriebsorganisation sowie der sozialen und gesellschaftlichen Aspekte des Menschen und seiner Arbeitstätigkeit im Fokus. Wird sich insbesondere auf Regeln zur Gestaltung von Organisation, Betriebs- und Altersgruppen berufen, deckt dies grundsätzlich die Arbeits- und Organisationslehre in der Sozialwissenschaft (macro ergonomics) ab (Parker, 1995, S. 41). Bereits Löhr (1976, S. 9 f.) erkannte, dass es sich bei der Ergonomie um ein interdisziplinäres Themengebiet handelt und Schnittstellen zu den unterschiedlichsten Disziplinen (Medizin, Industrial Engineering etc.) aufweist. Diese Rollen besitzen besonders bei der prospektiven und

konzeptionellen Gestaltung einen hohen Stellenwert. Die ingenieursausgerichtete Prägung der Ergonomie (micro ergonomics) arbeitet an Regeln und Hinweisen für die sowohl technische als auch konzeptionelle und korrektive Gestaltung von Arbeitsplätzen und Arbeitsmitteln. Aus betriebswirtschaftlicher Sicht ist jedoch die konzeptionelle Ausgestaltung zu empfehlen (Parker, 1995, S. 41). Da hier jedoch vorerst nur mittel- oder langfristige Ergebnisse zu erwarten sind, bleiben korrektive Maßnahmen unabdingbar.

Ein beispielhafter Ansatz der Arbeitswissenschaft unter Einbezug wirtschaftlicher Faktoren ist die Charakterisierung von Human Factors / Ergonomics (HFE) (vgl. Dul et al., 2012). Demnach wird die Disziplin HFE durch drei grundlegende Eigenschaften charakterisiert (Dul et al., 2012, S. 4):

- Verwendung eines Systemansatzes
- gestaltungsbezogene Orientierung
- zwei Gestaltungsziele: Leistung (Performance) und menschliches Wohlergehen (Well-being)

Nach Dul et al. (2012, S. 4) setzt sich dieser Systemansatz oder auch holistische Ansatz aus dem Agieren des Menschen mit seiner Umwelt zusammen. Während des Prozesses, ausgehend von Problemdefinition bis zur Lösungsfindung, werden bspw. physische Grenzen der Menschen, Umwelteinschränkungen bei der ergonomischen Arbeitsplatzgestaltung oder auch Schwierigkeiten im Arbeitsablauf bei der Handhabung von Hilfsmitteln erkennbar. Der Mensch steht hierbei immer im Kontext zu seiner Umwelt. Eine Steigerung der Leistung und des Wohlbefindens gestaltet sich systematisch durch die menschengerechte Arbeitsplatzgestaltung als Orientierungsschwerpunkt (s. Abbildung 7). Weiterhin ist ein Einbezug dieser gestalterischen Orientierung in allen Phasen des Produktentstehungsprozesses⁵ möglich (Dul et al., 2012, S. 5). Bei der genaueren Analyse menschengerechter Arbeitsplatzgestaltung rücken die beiden Komponenten Leistung und Wohlbefinden in den Fokus der arbeitswissenschaftlichen Betrachtung. Dabei ist eine kurz- und langfristige Interaktion beider Komponenten gegeben, z. B. durch Unter- und Überforderung der Mitarbeiter oder Warteschleifen bei der Prozessumsetzung (Dul et al., 2012, S. 5). Die Leistung erklärt sich durch wirtschaftliche Unternehmenskennzahlen wie Produktivität, Effizienz, Effektivität, Qualität etc., wobei das Wohlbefinden Faktoren des menschlichen Befindens und Zielstrebens, bestehend aus Arbeitsschutz und -sicherheit, Zufriedenheit, Bildung, Personalentwicklung uvm., beschreibt.

⁵ Der Produktentstehungsprozess beinhaltet alle Prozesse und Abläufe zur Planung und Produktion des Produktes (Schlick et al., 2010, S. 1130).

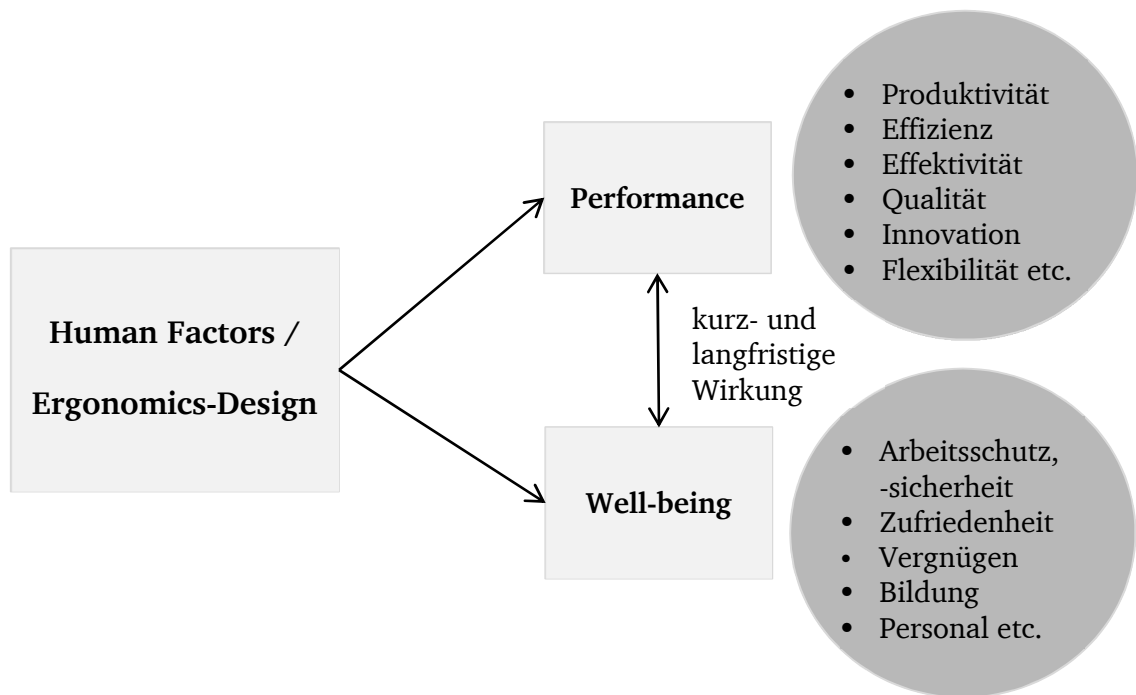


Abbildung 7: Der Effekt von menschengerechter Arbeitsplatzgestaltung auf Leistung und Wohlbefinden des Mitarbeiters (eigene Darstellung nach Dul et al., 2012, S. 5)

Schlussfolgernd bestehen zwischen der Leistung und dem Wohlbefinden wechselseitig beeinflussende Effekte. Beide Effekte werden maßgeblich durch die ergonomische Ausgestaltung des Arbeitsbereiches unterstützt und dienen sowohl den Mitarbeitern als auch den Unternehmenszielen. Die Arbeitswissenschaft hat nach Brüggmann et al. (2003, S. 73) die Kernkompetenz, um Themen des Arbeitsschutzes und der Gesundheitsförderung praxisnah weiterzuentwickeln. Hinzu gehört die systematisierte Betrachtung menschengerechter Arbeit. Die Gesundheit ist als ein dementsprechender Faktor auch im wirtschaftlichen Kontext umfassender, als nur durch die alleinige Abwesenheit von Mitarbeitern zu betrachten. In der von Brüggmann et al. (2003, S. 81) vorgestellten Definition der World Health Organization (WHO) ist Gesundheit „[...] als völliges körperliches, geistiges und soziales Wohlbefinden“ definiert.

Die Zielgrößen in der Produktion werden sich zukünftig nicht ändern. Auch in den Unternehmen von morgen werden Herstellkosten und Qualität als Kennzahlen dominieren. Jedoch auch die Geschwindigkeit, bspw. bei Produktanläufen, Innovationen und ausgehend von der Produktherstellung bis zur -fertigung, sowie die Entwicklung von Technologien und flexiblen Produktionssystemen wirken auf die unternehmerische Ausgestaltung der Produktion (Abele & Reinhart, 2011, S. 34). Der Gegenstand der Arbeitswissenschaft richtet sich sowohl auf das gesundheitsförderliche Verhalten als auch auf die gesundheitsförderliche Ausgestaltung der Arbeitsplätze. Ein Ansatz zur monetären Bewertung von Gestaltungsmaßnahmen ergonomischer Verbesserungen an Arbeitsplätzen zeigt dabei neben der redu-

zierten Belastung eine Steigerung des betriebswirtschaftlichen Erfolgs auf. Der arbeitswissenschaftliche Gestaltungsspielraum bezüglich konzeptioneller als auch korrektiver Ergonomie gewinnt dadurch seitens rational handelnder Unternehmen (s. Kapitel 3.2.1) verstärkt an Bedeutung.

3.3.2. Herausforderungen bei der Planung und Bewertung von Arbeitssystemen

Ergonomische Gestaltungsmaßnahmen sind als Investitionen zu verstehen (s. Kapitel 2) und demnach im Sinne von Investitionsrechnungen und Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen ökonomisch zu erfassen und zu bewerten. Begründet durch die Komplexität betriebsinterner Produktionssysteme, Einflussgrößen aus Gesellschaft und Wirtschaft sowie der individuellen Unternehmenssituation sind im Hinblick einer betriebswirtschaftlichen Bewertung von Investitionen in die ergonomische Arbeitsplatzgestaltung folgende Voraussetzungen zu erfüllen: Bezugnehmend zur Planung und Durchführung von Maßnahmen sollten im Rahmen beispielhafter Vergleiche und Beurteilungen Ursachen-Wirkungs-Zusammenhänge hergestellt und wirtschaftliche Effekte dargestellt werden. Die Akzeptanz für die Anwendung arbeitswissenschaftlicher Methoden und Erkenntnisse wird gesteigert, indem die wirtschaftlichen Zusammenhänge stärker herausgestellt werden. Damit wird dem Unternehmer eine Entscheidungshilfe gegeben. Zum Beispiel kann anhand einer Qualitätssteigerung die Wirkung auf das Gesamtergebnis dargestellt werden, während Kosten für Nacharbeiten eingespart, aufgebrauchte Arbeitszeiten und Personalkosten verringert sowie Fehlzeitenstände verbessert werden (Schultetus, 2004, S. 10 f.). Somit stellt die ökonomische Beurteilung des Arbeitssystems (vgl. Landau et al., 2001; vgl. Laurig, 1992) einen Indikator für Störungen im Produktionsprozess dar.

Die Darstellung der betriebswirtschaftlichen Zusammenhänge erhöht die Akzeptanz und trägt der Lösung von ergonomischen Problemen bei (s. Kapitel 3.3.1). Demnach ist für zukünftige Planungen von neuen Arbeitssystemen neben der arbeitswissenschaftlichen Planung und Gestaltung ebenso eine betriebswirtschaftliche Bewertung durchzuführen (Schultetus, 2004, S. 26). Die anschließende empirische Untersuchung in Kapitel 4 wird die Herausforderungen der Bewertung jener Gestaltungsmaßnahmen verdeutlichen. Gründe für diese Hindernisse sind zum einen die Einordnung der Faktoren in direkt monetäre, indirekt monetäre und nicht-monetäre Kriterien und zum anderen die Informationsverfügbarkeit, welche für eine detaillierte Analyse und signifikante Aussagekraft notwendig ist. Hierzu werden bereits erläuterte Kriterien aus Kapitel 3.1 aufgegriffen. Abbildung 8 verdeutlicht das Zusammenspiel seitens der Arbeitswissenschaft mithilfe des Konstrukts des Arbeitssystems und seitens der Betriebswirtschaft anhand einer Effizienzbeurteilung (s. Kapitel 3.1) von Aufwendungen und Erträgen bzw. Kosten und Gewinnen. Die Erfassung der Effizienz eines Arbeitssystems sollte im gesamten Planungsprozess verankert werden (Grob, 1983, S. 21). Schwerpunkt bilden dabei die ganzheitliche Betrachtungsweise über Kosten und Nutzen der damit verbundenen Investitionen sowie eine nachhaltige Erfolgskontrolle der Maßnahmenumsetzung und -akzeptanz in der direkten Anwendung.

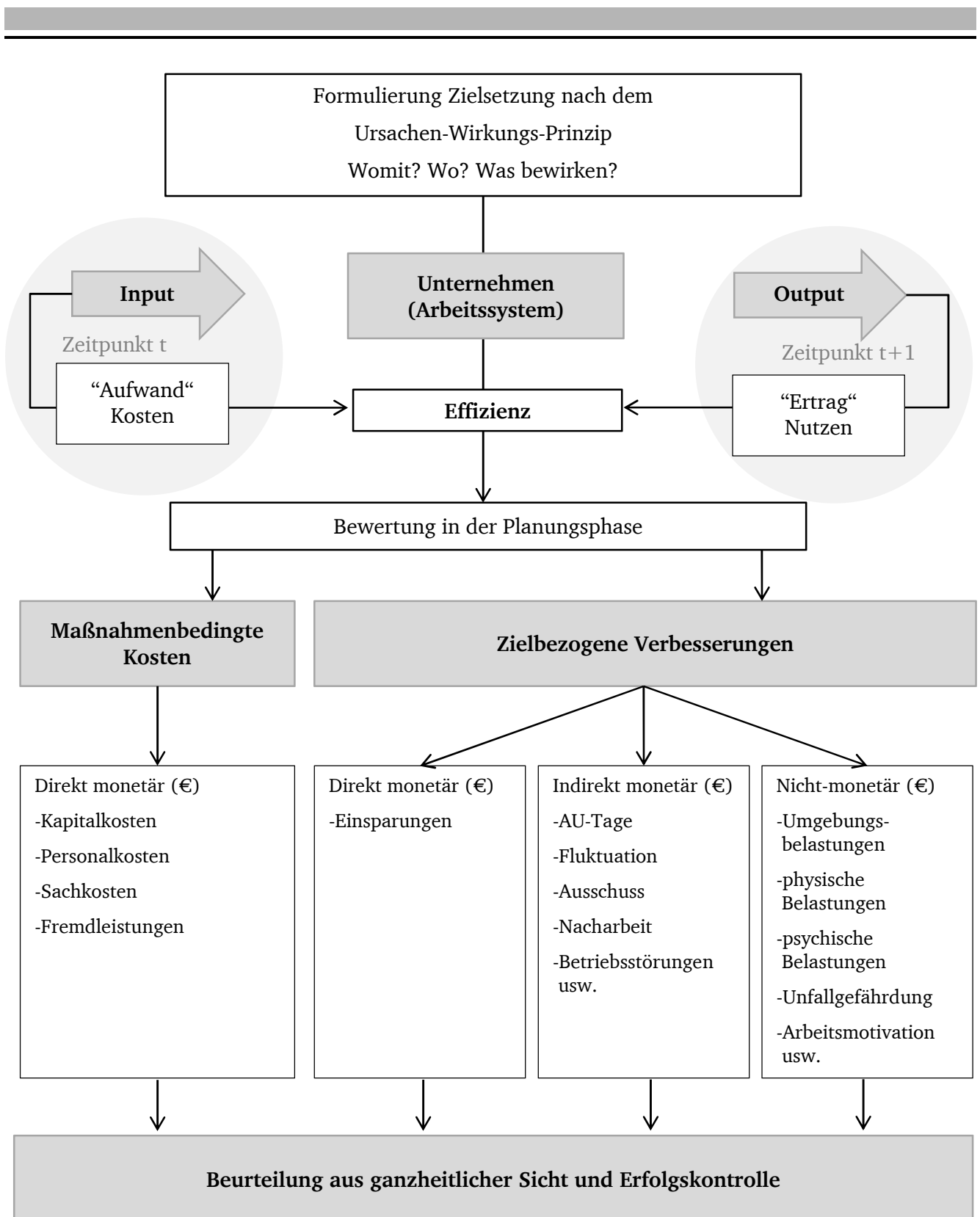


Abbildung 8: Ganzheitliche Kosten-Nutzen-Betrachtung (eigene Darstellung nach Spelten, 2007, S. 32; Zangemeister, 2000, S. 3; Zangemeister, 2000, S. 23 f.; Auch, 1985, S. 7)

Abbildung 8 verdeutlicht, dass mit Maßnahmen zur ergonomischen Arbeitsplatzgestaltung Input zum Zeitpunkt t in das Arbeitssystem gegeben wird. Dies bedeutet, dass die Umsetzung der arbeitsgestalterischen Maßnahmen mit Aufwand und Kosten verbunden ist. Der zum Zeitpunkt $t+1$ aus dem Arbeitssystem stammende Output entspricht dem Zielwert in Form von Ertrag und Nutzen. Die Kostenseite ist maßnahmenbezogen und umfasst Kapital-, Personal- und Sachkosten sowie Fremdleistungen auf der Nutzenseite. Demzufolge werden bei zielbezogenen Verbesserungen ebenfalls drei Größen unterschieden: direkt monetär, indirekt monetär und nicht-monetär. Bei direkt monetären und indirekt monetären Werten besteht jedoch die Möglichkeit, diese mit der Kostenseite ins Verhältnis zu setzen. Die Grenzen dieser Größen sind fließend, wobei in der Kosten- und Nutzenrechnung i. d. R. nicht in direkte und indirekte Kosten- und Nutzenaspekte unterschieden wird. Demzufolge wird in vorliegender Arbeit von rein monetären Größen gesprochen und aufgrund der schwierigen Erfassung nicht-monetäre Größen vernachlässigt. In weiteren Verlauf des Kapitels wird das weitere Vorgehen der Arbeit im Hinblick der Methodik und Verfahrensweise festgelegt.

3.4. Monetäre Auswirkungen ergonomischer Arbeitsplatzgestaltungsmaßnahmen auf Unternehmenskennzahlen

3.4.1. Betrachtung der Kennzahlen als Einflussgrößen

a) Qualität und Nacharbeit

Das Total Quality Management ist eine unternehmensweite einheitliche Qualitätspolitik, welche das primäre Ziel der Kundenzufriedenheit innehält. Dieses ist für das gesamte Unternehmen, allen Aktivitäten und Mitarbeitern maßgeblich und somit als Führungsstrategie zu verstehen. Laut Definition entspricht Qualität der Gesamtheit von Eigenschaften und Merkmalen eines Produktes oder einer Tätigkeit, die geeignet sind, gegebene Qualitätsanforderungen zu erfüllen (DIN 55350:11). Demnach wird von Qualität gesprochen, wenn Produkt oder Leistung die festgelegten Anforderungen erfüllen (Bullinger, 1995, S. 31). Nur fehlerfreie Produkte (i. O.-Produkte) oder Leistungen werden im Prozess weitergegeben. Zielaspekte sind die Schaffung einfacher und sicherer Prozesse sowie die frühzeitige Entdeckung und nachhaltige Beseitigung aller Abweichungen und Fehler. Die Forderung nach reduzierten Qualitäts- und Fehlerkosten beinhaltet die Reduzierung von Liegenbleibern, d. h. der Fehler tritt beim Kunden auf und verursacht Gewährleistungskosten sowie eine verringerte Wiederkauftrate. Dieses ruft für das Unternehmen externe Folgekosten hervor. Weitere Bestrebungen sind die Reduzierung von Ausschuss und Nacharbeit und der dadurch entstehenden internen Kosten (Abele et al., 2010, S. 40).

Der Idealzustand entspricht einer 100-prozentigen Direktläuferquote⁶, so dass ein Produkt fehlerfrei den Produktionsstandort verlässt und an den Kunden übergeben werden kann. Prozessstörungen als auch die Nichteinhaltung von Projektmeilensteinen sollten hierbei möglichst abgestellt werden. Für die Erreichung einer Null-Fehler-Fertigung ist die Generierung eines einheitlichen Qualitätsbewusstseins notwendig. Diese wirkt sich wiederum auf die Durchlaufzeit⁷ aus, da gute Qualität Nacharbeitsschleifen vermeidet und zu einer geringeren Durchlaufzeit führt. Fehler sind somit als Chance zur Prozessverbesserung zu verstehen (Abele et al., 2010, S. 40). Dies bedeutet, dass eine verbesserte Qualität im Prozess sowohl die Produktqualität als auch zeitliche Einsparpotenziale (Nacharbeit) berücksichtigt. Abbildung 9 vermittelt einen Eindruck über die Vielfältigkeit an möglichen Verlusten durch unzureichende Qualität.

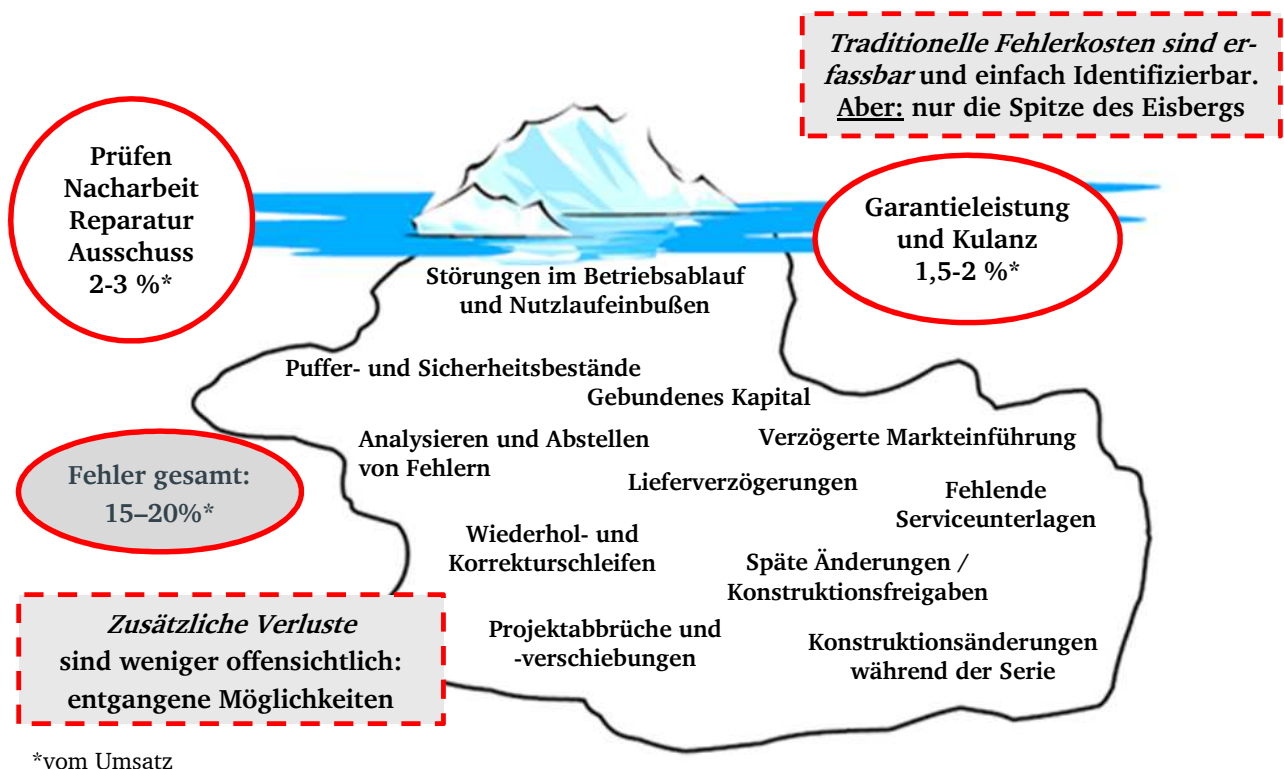


Abbildung 9: Mögliche Verluste infolge von Qualitätsdefiziten (eigene Darstellung nach Töpfer, 2007, S. 892; Volkswagen AG, 2012a, S. 92)

Die traditionellen Fehlerkosten sind leicht erfassbar und identifizierbar, wie Nacharbeit, Reparaturen und Ausschuss sowie Garantieleistungen und Kulanz. Grund hierfür ist die verursachungsgerechte Zu-

⁶ Quotient aus an einem Referenzpunkt fehlerfrei identifizierter Fahrzeuge und der Gesamtanzahl produzierter Fahrzeuge (Kropik, 2009, S. 258).

⁷ Zeitspanne von Produktherstellung bis -fertigstellung

ordnung im Rahmen der Kostenrechnung. Jedoch entsprechen diese nur 5 % des Verlustes am gesamten Umsatz. Werden maximal 20 % Verlust des Gesamtumsatzes für Qualität angenommen, ist dies ein verschwindend geringer Beitrag, welcher reduziert werden kann. Denn nur dieser Anteil wird analysiert und durch Steuerung optimiert (Töpfer, 2007, S. 892). Dreiviertel der Ursachen zusätzlicher Qualitätsverluste sind weniger offensichtlich und werden demnach nicht erfasst. Eine Beeinflussung dieser erscheint nahezu aussichtslos. Dieses Phänomen bezeichnet sich als Eisbergeffekt, in denen sich im Hinblick der Kostenreduzierung nur auf die Kosten oberhalb der Wasserstandlinie konzentriert wird. Die Kosten unterhalb dieser Linie bleiben unberücksichtigt (Töpfer, 2007, S. 892).

Für die Erfassung der Fehler ist die Teamarbeit von hoher Bedeutung. Das Besondere der Teamarbeit (vgl. Schlick et al., 2010) ist die Organisation des Teams als erste Führungsinstanz. Das Team besteht aus einer Gruppe von mehreren Personen, welche über eine gewisse Zeit zusammen ein gemeinsames Ziel verfolgen und eine Struktur mit Rollen und Normen aufweisen (Rudow, 2011, S. 146 f.). Beispiele sind Qualitätszirkel, Projektgruppen, klassische und teilautonome Arbeitsgruppen sowie Fertigungsteams. Die Teamarbeit stellt in diesem Sinne die Arbeitsform, in welcher die Arbeitsaufgabe zur Zielerreichung bewältigt wird, dar. Die Mitarbeiter werden aktiv in den Produktions-, Entwicklungs- und Problemlöseprozessen eingebunden und damit das Gefühl gestärkt, selbst etwas am Produkt oder Geschehen beigetragen zu haben (Frieling & Bechtold, 2003, S. 181). Die Identifikation mit dem Produkt wird dadurch um ein Vielfaches erhöht. Weitere Effekte sind Motivationssteigerung, Verbesserung des Teamklimas, erhöhte Mitarbeiterbeteiligung, Reduzierung der Fehlzeiten sowie Qualitäts- und Produktivitätsverbesserung (Rudow, 2011, S. 148; Schultetus, 2004, S. 80). Generell gilt, dass entstandene und beseitigte Fehler dem Teamsprecher gemeldet und anschließend zentral erfasst werden.

Wie bereits zu Beginn des Kapitels (s. Kapitel 3.1) erläutert, können ergonomisch ungünstige Arbeitsplätze Qualitätsdefizite hervorrufen oder sogar die durchschnittliche Fehlerhäufigkeit verdreifachen (Eklund, 1995, S. 18). Eine durchgeführte Studie von Falck et al. (2008) zur Beeinflussung von Kennzahlen durch ergonomische Arbeitsplatzgestaltung identifizierte die gleichen Effekte. Nach Lin et al. (2001, S. 381) sind insbesondere Zeitdruck und körperliche Beanspruchung Gründe für eine verminderte Produktqualität. Die erhöhte Fehleranzahl und die demzufolge aufgewendete Nacharbeitszeit entsprechen zusätzlichen Kosten (Beevis, 2003, S. 493; Beevis & Slade, 2003, S. 417). Eine Vermeidung dieser wäre eventuell möglich gewesen, hätte eine frühzeitige Berücksichtigung der Ergonomie stattgefunden. Korrektive Maßnahmen sollen dabei jedoch nicht außer Acht gelassen werden, da auch diese einen Beitrag zum Unternehmenserfolg leisten.

In der vorliegenden Arbeit sollen die bisherigen theoretischen Erläuterungen am Beispiel der Volkswagen AG geprüft werden. Die untersuchten Arbeitsplätze befinden sich im Montagebereich der Automobilfertigung. Im Rahmen der alltäglichen Montageprozesse konnte mithilfe des Total Quality Managements eine Fülle an Fehlern, welche im Zusammenhang mit ergonomisch ungünstigen Körperhaltun-

gen der Mitarbeiter bei der Ausübung ihrer Tätigkeiten stehen, festgestellt werden. Tabelle 1 gibt einen Überblick über die Art der Tätigkeit und der Körperhaltung, welche für ein Qualitätsdefizit verantwortlich sein können. Eine Lösung dieser zu optimierenden Arbeitsbedingungen ermöglicht sowohl eine Reduzierung entstehender Fehler als auch eine Verbesserung der Gesundheit und des Wohlbefindens der Mitarbeiter.

Tabelle 1: Beispiele für Qualitätsdefizite in der Fahrzeugmontage in Verbindung mit ergonomisch ungünstiger Arbeitsplatzgestaltung (eigene Darstellung nach Neubert et al., 2012b, S. 133)

Arbeitstätigkeit	Körperhaltung	Qualitätsdefizit
Anschließen der Klimaleitung	Überkopfarbeit	Undichte
Eindrücken / festschlagen der Heckklappenverkabelung	Überkopfarbeit	lose Clipse
Verkabelung Motorraum	stark gebeugte Haltung	teilweise falsch verlegt, scheuern aneinander
Einbau Mittelkonsole	vorwiegend gebeugt	Schraube vergessen, Spaltmaße nicht korrekt
Verschraubung Dachreling / Antenne	Schulterarbeit	schiefes Ansetzen, Undichte

Dennoch gilt auch hier, dass Fehler und Nacharbeit nicht ausschließlich infolge von ergonomisch ungünstiger Arbeitsplatzgestaltung entstehen, sondern weitere interne und externe Einflüsse möglich sind (Falck et al., 2008, S. 6). Als Fehler gelten jene Defizite, welche noch am eigenen und nachgelagerten Arbeitsplatz entdeckt werden. Ist eine Behebung im Prozess nicht möglich, erfolgt dies in der Nacharbeit. Die Nachbearbeitung ist jedoch mit erhöhten Ressourceneinsatz in Zeit und Arbeit verbunden. Bei der Feststellung eines Fehlers besteht Meldepflicht. Hier gilt es, die Ursachen für die Fehlerentstehung zu erfassen und zu beseitigen. Diese Daten werden bei der Volkswagen AG in einem System namens FIS-eQS erfasst. Das Fertigungs-, Informations- und Steuerungssystem (FIS) unterstützt in 24 Werken im Konzern den Prozess der Fahrzeugfertigung. Das System ist modular aufgebaut und besteht aus mehreren Komponenten. Das Subsystem FIS-eQS als Form der elektronischen Qualitätssicherung (eQS) unterstützt ein flächendeckendes, rechnergestütztes Qualitätsmanagement- und Qualitätssystem in den Bereichen Karosseriebau, Lackiererei und Montage. Die Aufgaben dieser Komponente bestehen in einer schnellen und zusammenhängenden Sammlung von Fehlerinformationen und einer flächendeckenden Verteilung der Informationen aus zentraler Instanz.

Die ersten Schritte in Richtung Qualitätsverbesserungen sind Fehlererkennung, -dokumentation und -rückmeldung. Hierzu wird insbesondere in der Automobilbranche die Reißleine⁸ als Hilfsmittel zur Auslösung eines Qualitätsalarms bei Abweichung vom Standard (Produkt oder Prozess) verwendet. Die Reißleine ist demnach als festgelegter Eskalationsprozess für die Nacharbeit definiert und dient als Problemlöseunterstützung für das Team. Das Prinzip des Fertigungsstopps ist dahingehend eine Maßnahme, um Fehler und Störungen sofort zu beheben und nicht an den nachfolgenden Prozess zu übergeben (Volkswagen AG, 2012a, S. 79). In diesem Fall wirkt das Null-Fehler-Prinzip zur nachhaltigen Fehlerbeseitigung (vgl. Abele et al., 2010). Durch anschließende Soll-Ist-Vergleiche können zur Fehlerbehebung Maßnahmen definiert und umgesetzt werden. Im nächsten Prozessschritt gilt es einen Standard zur zukünftigen Fehlervermeidung zu entwickeln.

Standards sind demnach nicht nur aus Prozess- und Kostengründen von Bedeutung, sondern wirken sich zudem positiv auf den Mitarbeiter aus. Ferner werden allerdings Fehler, sogenannte Durchschlupffehler, umso teurer je später diese entdeckt und behoben werden (De Looze et al., 2001, S. 533). Diese Fahrzeuge müssen in der Regel nachgearbeitet und im schlimmsten Fall teilweise zurückgebaut werden, um den Fehler beseitigen zu können. Die Nacharbeit wird in diesem Fall nicht nur schwieriger, sondern zusätzlich teurer aufgrund der unplanmäßigen zusätzlich aufgewendeten Zeit. Jene Kosten könnten jedoch mit einer Null-Fehler-Fertigung bzw. einer hohen Direktläuferquote verringert werden. Wie bereits erwähnt, ist in diesem Fall die Realisierung von Einsparungspotenzialen mit zunehmender Berücksichtigung der Ergonomie im Produktionsprozess möglich.

b) Fertigungs- und MTM-Zeiten

Die F-Zeit ist die nach definierten Verfahren ermittelte Soll-Zeit für die Durchführung einer bestimmten Tätigkeit zur Herstellung eines geplanten Teils unter Berücksichtigung vorgegebener Standards und Rahmenbedingungen.

Bei Volkswagen wird der Standardherstellungsprozess im Prozessplan des Systems Arbeitsplan dokumentiert. Arbeitsplan ist das erklärte System zum Aufbau, zur Pflege und zur Archivierung von Prozessplänen seitens der Planung und des Industrial Engineerings. Der Prozessplan ist ein konzernweites Instrument zur Beschreibung des Fertigungsprozesses für manuelle und mechanisierte Arbeitsumfänge sowie Instandhaltungsprozesse. Die Inhalte eines Prozessplans resultieren aus den Anforderungen der einzelnen Gewerke (bspw. Montage, Karosseriebau und Lackiererei). Dieser kann als Linien-, Produkt- oder Variantenplan strukturiert sein. Unterschiede liegen in der Art des Aufbaus und der Inhalte. Die Ermittlung der Soll-Zeit erfolgt konzernübergreifend mithilfe einer Arbeitsablauf-Zeitanalyse. Diese

⁸ Eine Leine mit Klingelfunktion, welche durchgängig durch alle Takte mitarbeiternah installiert wird.

wird auch Method Time Measurement (MTM) genannt, einem Grundverfahren, welches Bewegungsabläufe in Grundbewegungen gliedert. Jede Grundbewegung ist einem Normzeitwert zugeordnet, welche in ihrer Höhe durch die erfassten Einflussgrößen (vor-)bestimmt ist (DMTM, 2008, S. 27). Diese Zeitbausteine werden mit der Einheit Time Measurement Unit (TMU) bewertet. Beispielhaft wird in Abbildung 10 die von MTM entwickelte Datenkarte eines universellen Analysiersystems (UAS) dargestellt. Typische Anwendungsbereiche des Bausteinsystems UAS stammen aus Unternehmen des Fahrzeugbaus, der Zulieferbetriebe des Fahrzeugbaus, des Gerätebaus, der Elektro- und Elektronikfertigung und der Logistik (DMTM, 2008, S. 15).

Bewegungslänge in cm		≤ 20	> 20 bis ≤ 50	> 50 bis ≤ 80
Entfernungsbereich		1	2	3

Aufnehmen und Platzieren		Kode	1	2	3	
			TMU			
≤ 1 daN	leicht	ungefähr	AA	20	35	50
		lose	AB	30	45	60
		eng	AC	40	55	70
	schwierig	ungefähr	AD	20	45	60
		lose	AE	30	55	70
		eng	AF	40	65	80
	Hand voll	ungefähr	AG	40	65	80
	> 1 daN bis ≤ 8 daN	ungefähr	AH	25	45	55
		lose	AJ	40	65	75
eng		AK	50	75	85	
> 8 daN bis ≤ 22 daN	ungefähr	AL	80	105	115	
	lose	AM	95	120	130	
	eng	AN	120	145	160	

Platzieren		Kode	1	2	3
			TMU		
	ungefähr	PA	10	20	25
	lose	PB	20	30	35
	eng	PC	30	40	45

Hilfsmittel handhaben		Kode	1	2	3
			TMU		
ungefähr		HA	25	45	65
lose		HB	40	60	75
eng		HC	50	70	85

Betätigen		Kode	1	2	3
einfach		BA	10	25	40
zusammengesetzt		BB	30	45	60

Bewegungszyklen		Kode	1	2	3
eine Bewegung		ZA	5	15	20
Bewegungsfolge		ZB	10	30	40
Umsetzen und eine Bewegung		ZC	30	45	55
Festmachen oder Lösen		ZD	20		

Körperbewegungen		Kode	TMU		
Gehen / m		KA	25		
Beugen, Bücken, Knien (inkl. Aufrichten)		KB	60		
Setzen und Aufstehen		KC	110		

Visuelle Kontrolle		VA <td colspan="3">15</td>	15		
--------------------	--	----------------------------	----	--	--

Abbildung 10: Datenkarte des universellen Analysiersystems zur Zeitermittlung der Grundvorgänge (DMTM, 2004)

Durch die standardisierte Verwendung von MTM werden die Arbeitsschritte vereinfacht und nachvollziehbar dargestellt. Zudem ist es sinnvoll, die MTM-Anwendung mit ergonomischen Aspekten zu verknüpfen (Human Work Design). Daraus resultiert eine dauerhafte Signalwirkung für die Verbesserung der Arbeitsplätze und -abläufe.

Ein weiterer positiver Effekt ist eine verbesserte Vernetzung der Planung und Fertigung (Britzke & Zink, 2001, S. 129). Über diese Art von Frühwarnsystem werden oftmals durch Maßnahmenumsetzung erreichte F-Zeit-Reduzierungen im Rahmen von Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen argumentiert. Dabei spielt u. a. Ergonomie eine Rolle. Die Griffweiten- bzw. Reichweitenreduzierung von 60 cm auf 10 cm ist ein positives Beispiel, in welchem nach Datenkarte in nahezu allen Fällen 30 TMU bzw.

1,08 s an F-Zeit gespart und zudem noch ergonomische Verbesserungen erwirkt werden. Dabei gibt es verschiedene Möglichkeiten eine Reduzierung der F-Zeit in Verbindung mit Ergonomieverbesserungen zu generieren. Ein klassisches Beispiel ist dabei die bereits erläuterte Reichweitenoptimierung. Abbildung 11 veranschaulicht die unterschiedlichen Bewegungslängen und deren Einstufungen. Erkennbar wird hierbei ein Zusammenhang zwischen der Überwindung einer größeren Distanz in Verbindung mit einem erhöhten Zeitaufkommen. Kontraproduktiv wäre dabei jedoch die eingesparte Zeit durch weitere belastende oder wiederholende Tätigkeiten zu ergänzen, so dass die Belastung hingehend repetitiver Tätigkeiten wiederum ansteigt.

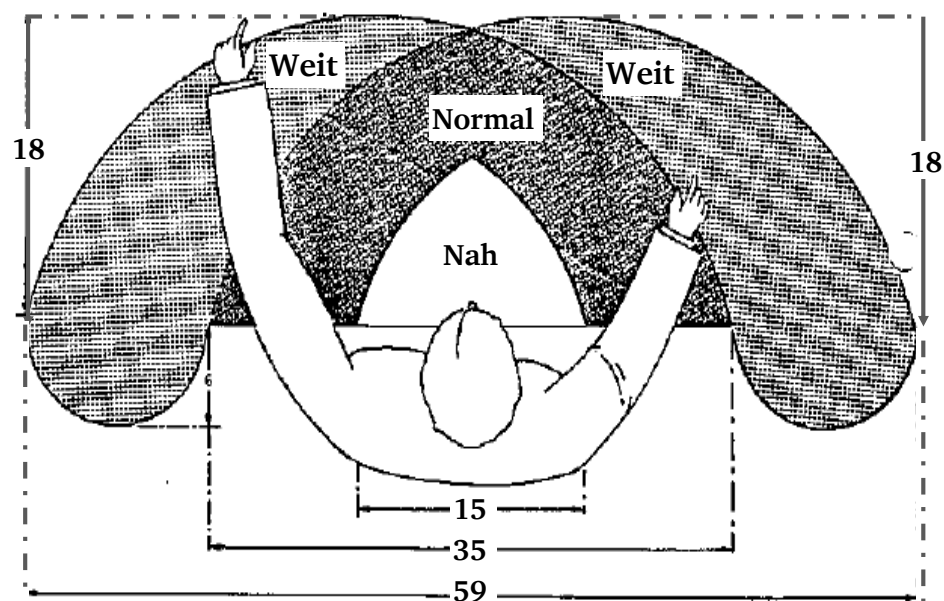


Abbildung 11: Darstellung der unterschiedlichen Reichweitenbereiche (AMI & IAD, 2012, S. 65)

Ferner lassen sich große Laufdistanzen oder gebeugte ($20-60^\circ$) und gebückte ($> 60^\circ$) Körperhaltungen optimieren. Jedoch wirken auf die F-Zeit ebenfalls die Zeitanteile der aufzuwendenden Aktionskräfte durch bspw. eine Verkürzung der Schraubzeit infolge einer Werkzeugoptimierung. Weitere Potenziale bestehen in der Belastungs- und F-Zeit-Reduzierung bei der Lastenhandhabung, in welcher die auftretende Belastung zum einen durch das Lastgewicht, der Körperhaltung, eventuellen Ausführungsschwierigkeiten beim Ziehen und Schieben und zum anderen durch die Häufigkeit, z. B. Umsetzungs-
dauer [# / Schicht], Haltedauer [min / Schicht] und Länge der Wegstrecke [m / Schicht], beeinflusst wird.

c1) Berücksichtigung von Fehlzeiten der Mitarbeiter

Die Fehlzeitenquote ist u. a. einer der bedeutendsten Frühwarnindikatoren des Personalwesens. Verstärkt krankheitsbedingte Abwesenheiten können die Aufmerksamkeit auf eine zu optimierende Personal- und Organisationsentwicklung lenken. Bestimmt wird dies durch aktuelle Trends im Produktionssystem (z. B. Lean Production) sowie des nationalen und internationalen Wettbewerbs am Weltmarkt. Ein Indikator zur Messung der Abwesenheiten im Zeitablauf ist dabei der Fehlzeitenstand. Neben der Arbeitsunfähigkeit sind weitere Abwesenheiten auf gesetzliche Regelungen (z. B. Mutterschutzgesetz oder Elternrecht), Kuren und Rehabilitationen sowie entschuldigte und unentschuldigte Fehlzeiten zurückzuführen (Brandenburg & Nieder, 2009, S. 14 f.). Anhand des Fehlzeitenstands können im gesamten Unternehmen abteilungs- oder teambezogene Probleme identifiziert werden. Die Fehlzeitenquote ermittelt sich aus einem Abgleich zwischen Soll- und Fehlzeiten. Die Ursachen für Fehlzeiten (medizinisch attestiert) können arbeitsbedingt, arbeitsunabhängig oder motivationsbedingt begründet sein (Brandenburg & Nieder, 2009, S. 15). Das Gesundheitsverhalten liegt dabei u. a. im Interesse des Einzelnen, durch bspw. gesunde Ernährung, Sport, Vermeidung von Stress und Giftstoffen (Brandenburg & Nieder, 2009, S. 21; Bruder, 2013, S. 641). Fehlzeiten werden zudem von saisonalen Einflüssen wie Grippewellen bestimmt. Aber auch Existenzängste in Zeiten wirtschaftlicher Instabilität führen dazu, dass Mitarbeiter trotz vorliegender gesundheitlicher Beschwerden ihrer Beschäftigung nachgehen (Brandenburg & Nieder, 2009, S. 26). Diese Fehlzeiten fallen unter dem bereits erläuterten Begriff Präsentismus. Hierdurch können Kennzahlen wie Qualität und Produktivität negativ beeinflusst werden. Folglich hat die Beachtung der eigenen Gesundheit und das persönliche Verhalten Auswirkungen auf das unternehmerische Handeln und den betrieblichen Erfolg (Bruder, 2013, S. 641).

Trotz möglicher Verzerrungen wird jene Kennzahl häufig bei Unternehmen als Mittel genutzt, um mit Hinweis auf entstandene Kosten einen Handlungsbedarf abzuleiten. Hierzu erfolgt ein Abgleich zwischen Soll- und Ist-Arbeitstagen. Die Abweichung entspricht den AU-Tagen bzw. Fehlzeiten. Nach Brandenburg & Nieder (2009, S. 26) besteht ein Zusammenhang aus zunehmender Arbeitsunfähigkeit und ansteigendem Lebensalter. Begründet wird dies durch die längere Genesungszeit der älteren Belegschaft, d. h. die Arbeitsunfähigkeit ist in Summe länger als bei der jüngeren Belegschaft (Brandenburg & Nieder, 2009, S. 26). Der demografische Wandel (vgl. Brandenburg & Domschke, 2007) ist sicherlich ein Grund für die Höhe der AU-Tage, aber auch die zunehmende Belastung im Alter wird dadurch offensichtlich.

Anschließende Abbildung 12 stellt die Urnenform der Altersentwicklung 2012 bei der Volkswagen AG dar. Dazu zählen 105.435 Mitarbeiter aus dem direkten (Leistungslohn) und indirekten (Zeitlohn) Bereich, Mitarbeiter in Altersteilzeit (Aktiv- und Passivphase) sowie Auszubildende und Studenten im Praxisverbund. Der Altersdurchschnitt der Mitarbeiter beträgt 42,7 Jahre (Volkswagen AG, 2013a). Deutlich wird, dass vermehrt im Alter von 56 Jahren die Altersteilzeit in Anspruch genommen wird.

Dies spricht, wie bereits angedeutet, für eine zunehmende Belastung der Mitarbeiter im Alter. Der Übergang in die Rentenphase wird jedoch von Unternehmen zu Unternehmen unterschiedlich geregelt. Die Mehrheit der Belegschaft liegt in der Altersgruppe zwischen 40 und 55 Jahren. Die jüngeren Jahrgänge sind deutlich weniger vertreten. Dies wird durch die demografische Entwicklung (geringere Geburtenrate) und zum anderen durch ein höheres Berufseinstiegsalter infolge längerer Ausbildungszeiten begründet.

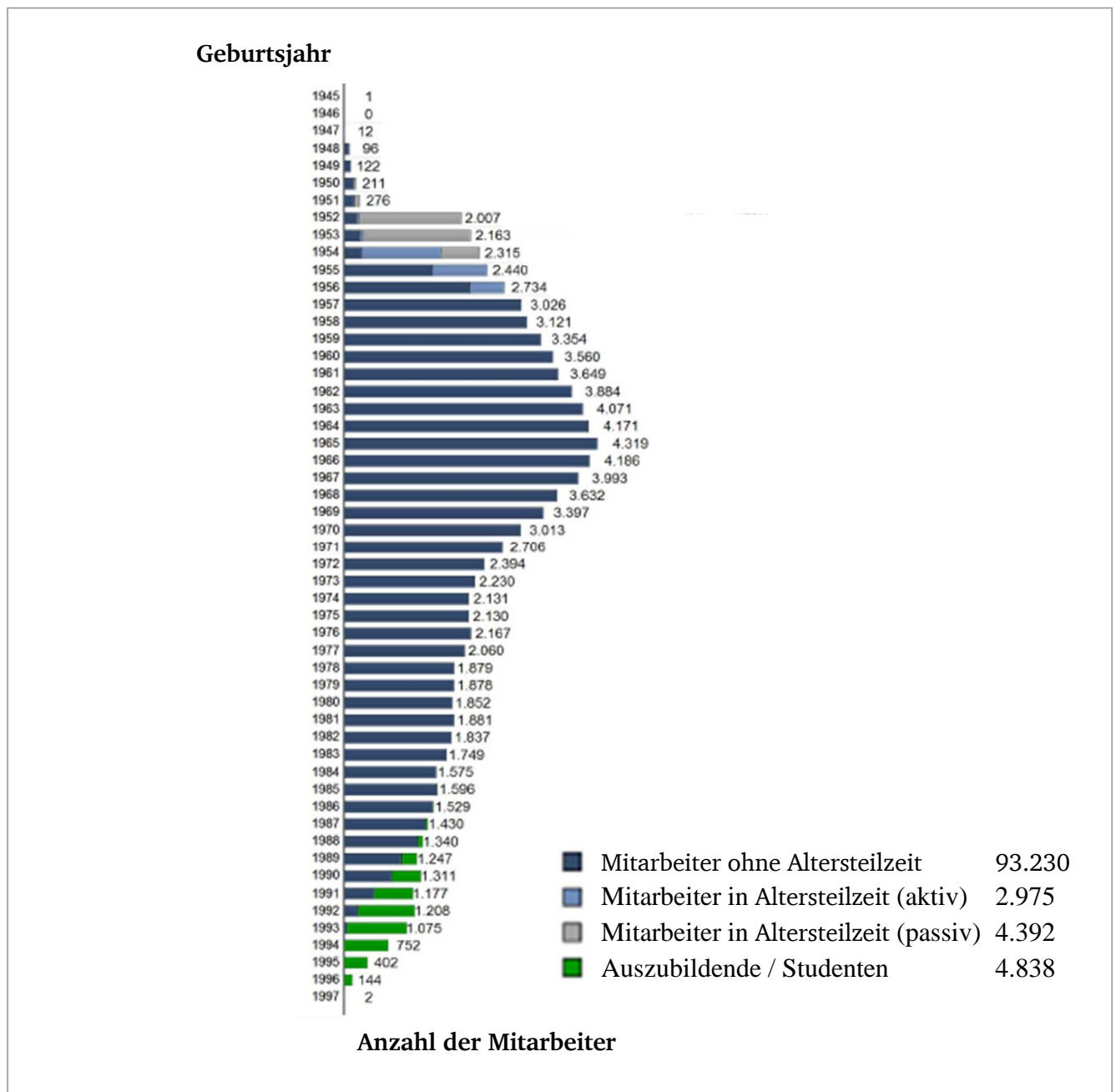


Abbildung 12: Altersstruktur des direkten und indirekten Bereichs der Volkswagen AG im Jahr 2012 (Volkswagen AG, 2013a)

In der Praxis gibt es vielerlei Möglichkeiten den Fehlzeitenstand und Krankheitstage zu bewerten. Brandenburg & Nieder (2009, S. 27) zeigen diverse Möglichkeiten auf, in denen sich Unterschiede beim Einbezug von Auszubildenden und Mitarbeitern in Kuren, Heilverfahren sowie Schonzeiten und Langzeiterkrankte zeigen. Bei der Volkswagen AG wurde folgendes Verfahren festgelegt: Die Fehlzeiten stellen eine Untermenge der Fehlzeitenquote dar. Bei der Ermittlung der Quote werden nur ganze AU-Tage erfasst. Für statistische Zwecke wird eine sogenannte Fehlzeitenquote veröffentlicht, welche dann die rechnerische Differenz der Kranken- zu den Soll-Arbeitstagen ausweist. Kuren und elternzeitbedingte Abwesenheiten zählen jedoch nicht als krankheitsbedingte Abwesenheiten (Brandenburg & Nieder, 2009, S. 27). Die Berechnung des Fehlzeitenstands gestaltet sich wie folgt:

Formel 9: Berechnung des Fehlzeitenstands (eigene Darstellung nach Volkswagen AG, 2010a)

$$\text{Fehlzeitenstand} = \left(1 - \left(\frac{1}{\text{Solltage}} \times (\text{Solltage} - \text{Krankentage})\right)\right) \times 100 \%$$

Soll-Tage umfassen alle Tage, an denen ein Mitarbeiter anwesend war bzw. arbeiten müsste. Vereinbarte Sonnabend- und Sonntagsschichten sind dabei eingeschlossen. Krankentage sind eine Untermenge der Abwesenheit. Sie sind Ausfalltage an denen die Mitarbeiter keine Arbeitsleistung erbracht haben (Volkswagen AG, 2010a).

Anschließend Darstellung (s. Abbildung 13) bildet den unternehmerisch definierten Zielwert und den Fehlzeitenstand aus dem Jahr 2012 der Volkswagen AG ab. Der Zielwert lag für das Betrachtungsjahr bei 2,7 %, d. h. laut unternehmerischer Vereinbarung war ein Fehlzeitenstand von 2,7 % annehmbar. Etwaige Abweichungen sind kostenintensiv und demnach zu vermeiden. Die durchschnittliche Fehlzeitenquote lag in diesem Jahr bei 4,6 % und umfasst Mitarbeiter aus dem direkten und indirekten Bereich. Der Zeitraum Juli / August deckt den dreiwöchigen Werksurlaub am Standort ab, so dass hier bedeutend weniger Fehlzeiten infolge von gesetzlicher Erholungszeit auftraten. Die durchschnittliche Abweichung vom Zielwert betrug 2012 somit 1,9 %.

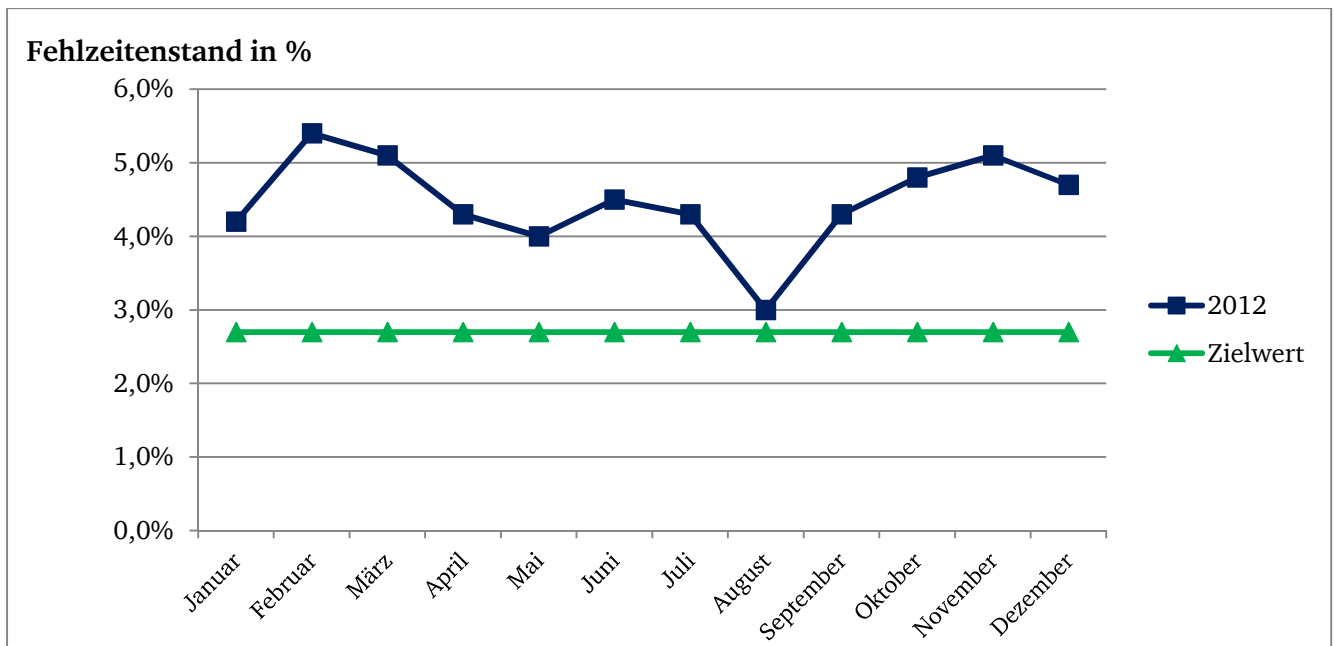


Abbildung 13: Fehlzeiten der Volkswagen AG im Jahr 2012 (eigene Darstellung nach Volkswagen AG, 2013a)

Der Fehlzeitenstand dient als eine Argumentationshilfe für Maßnahmen zur ergonomischen Arbeitsplatzgestaltung. Aus der Umsetzung dieser Maßnahmen resultiert jedoch auch das Bemühen gesundheitlich leistungseingeschränkte und langzeiterkrankte Mitarbeiter in den Arbeitsprozess zurückzuführen und produktiv beschäftigen zu können. Vorgesetzte führen mit den Mitarbeitern Rückkehrgespräche nach dessen Abwesenheit, um zum einen mögliche arbeitsbedingte Ursachen für die Abwesenheit des Mitarbeiters zu identifizieren und zum anderen Maßnahmen zur Beseitigung dieser einzuleiten. Im Zuge dessen wird geprüft, ob gesundheitliche Einschränkungen des Mitarbeiters bestehen und eine weitergehende Fürsorge, z. B. eine Vorstellung beim Werkarzt, notwendig ist (Westermayer & Stein, 2006, S. 153).

c2) Der Umgang mit leistungsgewandelten Mitarbeitern

Die Arbeitsleistung wird in der Arbeitswissenschaft als mehrschichtiges Phänomen betrachtet. Die Leistung wird nach den Leistungsvoraussetzungen, den Folgen der objektiven Rahmenbedingungen und den Folgen der Ausführung der Arbeitsprozesse beurteilt (Landau, 2001, S. 61). Ersteres bezieht sich auf die interindividuellen Eigenschaften bei der Erledigung der Tätigkeiten, d. h. ob Menschen mit unterschiedlicher Leistungsfähigkeit diese Tätigkeiten auch ausführen können. Als Folgen der objektiven Rahmenbedingungen werden die Beanspruchung (vgl. Bokranz & Landau, 1991) und die Beurteilung des Arbeitsergebnisses angesehen. Die Veränderungen der Leistungsvoraussetzung entsprechen hierbei den erwähnten Vollzugsfolgen durch die dauerhafte Ausführung der jeweiligen Arbeitstätigkeit (Bo-

kranz & Landau, 1991, S. 108 f.). Nach Bokranz & Landau (1991, S. 187) entsteht diese Veränderung der individuellen Leistungsfähigkeit durch „[...] Ermüdung, Monotonie, psychischer Sättigung, Vigilanz, Stress und körperlichen Befinden resultierende Disponiertheit“. Zu betonen ist, dass objektive, äußere Belastungen (Laurig, 1992, S. 29 ff.; DIN EN ISO 10075/1; DIN EN ISO 10075/2; DIN EN ISO 10075/3) sowie die individuellen Voraussetzungen daraus ergebener Beanspruchungen nicht nur Beeinträchtigungen im negativen Sinne entsprechen. Zusätzlich fördern Belastung und Beanspruchung menschenwürdige Arbeit, Lernen, intrinsische Motivation, Fitness, Arbeitsfreude und Erfolgsleben (Hacker, 2009, S. 216 f.). Analog zu physischen Belastungen können diese Effekte ebenfalls bei psychischen Belastungen abgeleitet werden. Je nach Leistungsniveau benötigen Mitarbeiter ein Anspruchsniveau, welches sie in ihrer Arbeitstätigkeit fördert. Dies bedeutet neben Belastungen, welche zur Fehlbeanspruchung und eingeschränkten Leistungsfähigkeit führen, existieren ebenso förderliche Belastungen und Beanspruchungen (Hacker, 2009, S. 217). Wird diese Belastung jedoch zu stark, ist es für den Mitarbeiter umso schwieriger in den Prozess und der individuellen Leistungsfähigkeit zurückzufinden. Während physische Belastungen bis zur Belastungsgrenze exponentiell anwachsen, wird diese bei den psychischen Belastungen abrupt erreicht. Die Leistungsfähigkeit fällt in diesem Fall sofort ab.

Die Unternehmen möchten ihren Mitarbeitern einen wertschätzenden, gesundheitsgerechten und zugleich wertschöpfenden Einsatz bieten. Bedingt durch den demografischen Wandel und dem individuellen Erwerbslebenslauf ergeben sich gesundheitliche berufliche Einschränkungen. Diese werden als sogenannte Tätigkeitseinschränkungen bezeichnet, bspw. für Überkopf- oder Schulterarbeit oder ein durch den Fertigungsprozess gefordertes ständiges Gehen. Infolge der deutlich beobachteten Zunahme von gesundheitlichen Leistungsbeeinträchtigungen werden arbeitsgestalterische Maßnahmen und die frühzeitige Vermeidung von Tätigkeitseinschränkungen bedeutsamer (Bruder, 2013, S. 641).

Einschränkungen bei der beruflichen Ausübung können bereits durch angeborene Störungen oder durch erworbene Krankheiten ausgelöst werden. Weitere gesundheitliche Einschränkungen resultieren aus Unfallfolgen, arbeitsbedingten Verschleiß und durch normal oder vorzeitigen Alterungsprozessen. Eine Leistungseinschränkung ist gegeben, wenn durch einen Unfall oder einer Erkrankung eine dauerhafte Beeinträchtigung der Gesundheit und damit verbundener Funktionen herbeigeführt wird. Insbesondere ältere Arbeitnehmer sind betroffen (Rudow, 2011, S. 301). Auf Grundlage des SGB IX §84 Abs. 2 ist die betriebliche Begleitung zur Wiederherstellung der Leistungsfähigkeit und die Reintegration in die berufliche Tätigkeit sowohl eine rechtliche als auch humane Verpflichtung. Da der Begriff Leistungseinschränkung negativ behaftet ist, werden die Betroffenen auch als leistungsgewandelte Mitarbeiter bezeichnet. Die gesundheitlichen Leistungseinschränkungen werden vom Werkarzt attestiert. Hiervon zu unterscheiden sind Leistungseinschränkungen nach dem Schwerbehindertenrecht oder anderen sozialen Entschädigungsrechten (Rudow, 2011, S. 298 ff.).

Volkswagen hat eine Vielzahl an Tätigkeitseinschränkungen identifiziert und in Clustern, bspw. Körperhaltung, Arbeitsorganisation, Umgebungseinflüsse und Sinnesorgane (s. Anhang B), zusammengefasst. Das Personalwesen hat im Jahr 2012 eine Anzahl von 19.875 Mitarbeitern aus dem direkten Bereich mit Tätigkeitseinschränkungen identifiziert. In Abbildung 14 wurden die fünf häufigsten dokumentierten Tätigkeitseinschränkungen (y-Achse) dieser Mitarbeiter dargestellt. Die x-Achse bildet die Anzahl an dokumentierten Einschränkungen in der jeweiligen Kategorie ab. Dabei sind Mitarbeiter mit Mehrfacheinschränkungen enthalten. Wie unten abgebildet, treten dabei die Einschränkungen des körperlichen Leistungsvermögens, die den Muskel-Skelett-Apparat betreffen, in den Vordergrund. Beschwerden durch Schichtarbeit, Umgebungseinflüssen wie Lärm, Beleuchtung und Schadstoffe in der Luft, statische Körperhaltungen und Einschränkungen beim Hören und Sehen stellen zusätzliche Belastungsfaktoren dar. Hinzu kommen Anforderungen an die Arbeitsorganisation, wie das Einhalten der Rotation, eine strenge Taktbindung und der zunehmende Zeitdruck: Ein Beispiel hierfür ist der Eintakter. In diesem werden alle pro Arbeitsplatz eingetakteten Arbeitsumfänge innerhalb der Taktzeit eines Taktes abgearbeitet. Jeder Mitarbeiter arbeitet somit nur an einem Fahrzeug (Volkswagen AG, 2012b, S. 204). In den Montagelinien der Automobilfertigung in Wolfsburg beträgt die standardisierte Taktzeit 60,8 s, in denen die Mitarbeiter ihre Arbeitstätigkeiten verrichten.

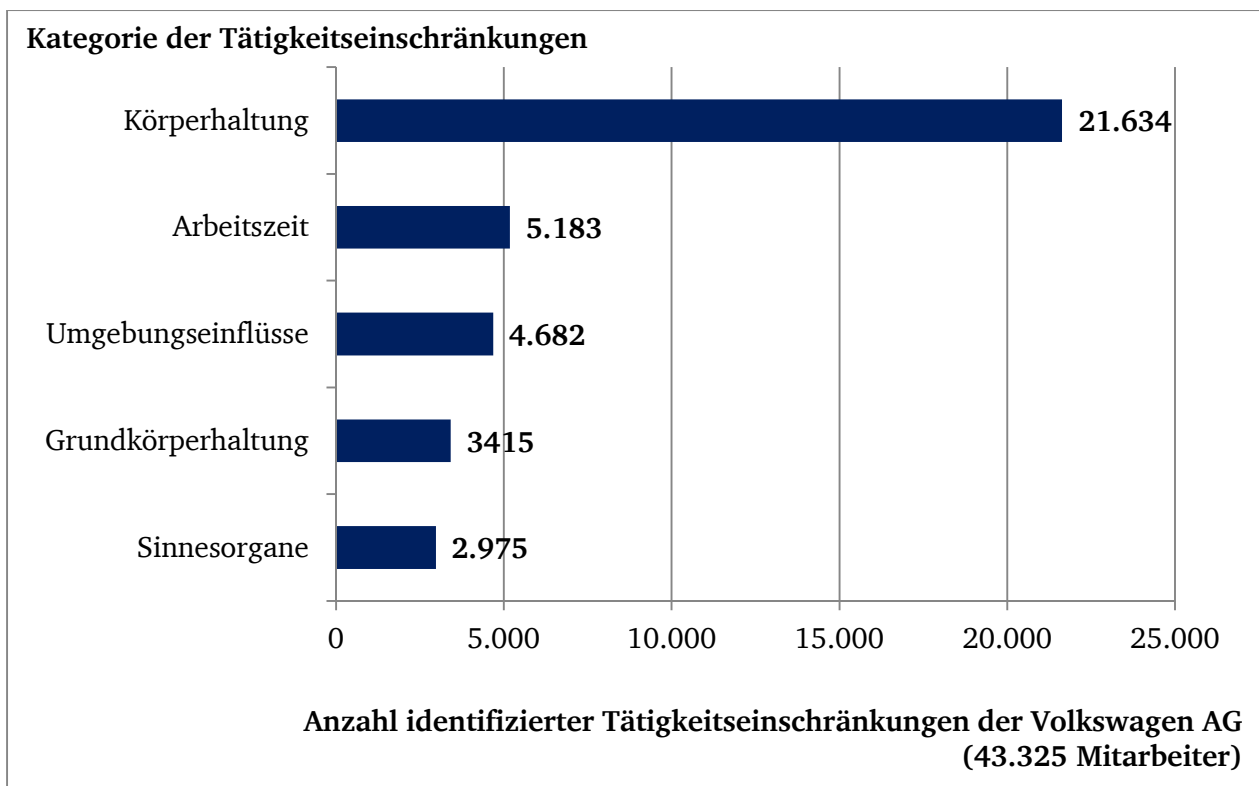


Abbildung 14: Clusterung von Tätigkeitseinschränkungen nach Häufigkeit im direkten Bereich der Volkswagen AG im Jahr 2012 (eigene Darstellung nach Volkswagen AG, 2013a)

Der Einsatz von leistungsgewandelten Mitarbeitern ist auf unterschiedliche Weise geregelt: Auf der einen Seite übernimmt ein internes Arbeitsamt die unternehmensweite Vermittlung. Erleichtert wird die Vermittlung über ein Arbeitsplatzkataster, in dem jede Organisationseinheit speziell leistungsgerechte Arbeitsplätze ausweist (Brandenburg & Nieder, 2009, S. 81). Hierzu führt Volkswagen derzeit ein Pilotprojekt namens Arbeitsplatzmanagementsystem (als APMS bezeichnet) durch, in dem die Zuordnung des Fähigkeitsprofils des Mitarbeiters mit den Leistungsanforderungen über eine Systemanwendung erfolgen soll. Auf der anderen Seite erfolgte die Einrichtung einer separaten Kostenstelle, die Personal Service Unit (s. Abbildung 15), in welcher leistungsgewandelte Mitarbeiter explizit in Bereiche mit leistungsgerechten Anforderungen vermittelt werden (Brandenburg & Nieder, 2009, S. 81). Zu diesem Konzept zählen auch spezielle Programme zur Gesundheitsförderung und -stabilisierung.

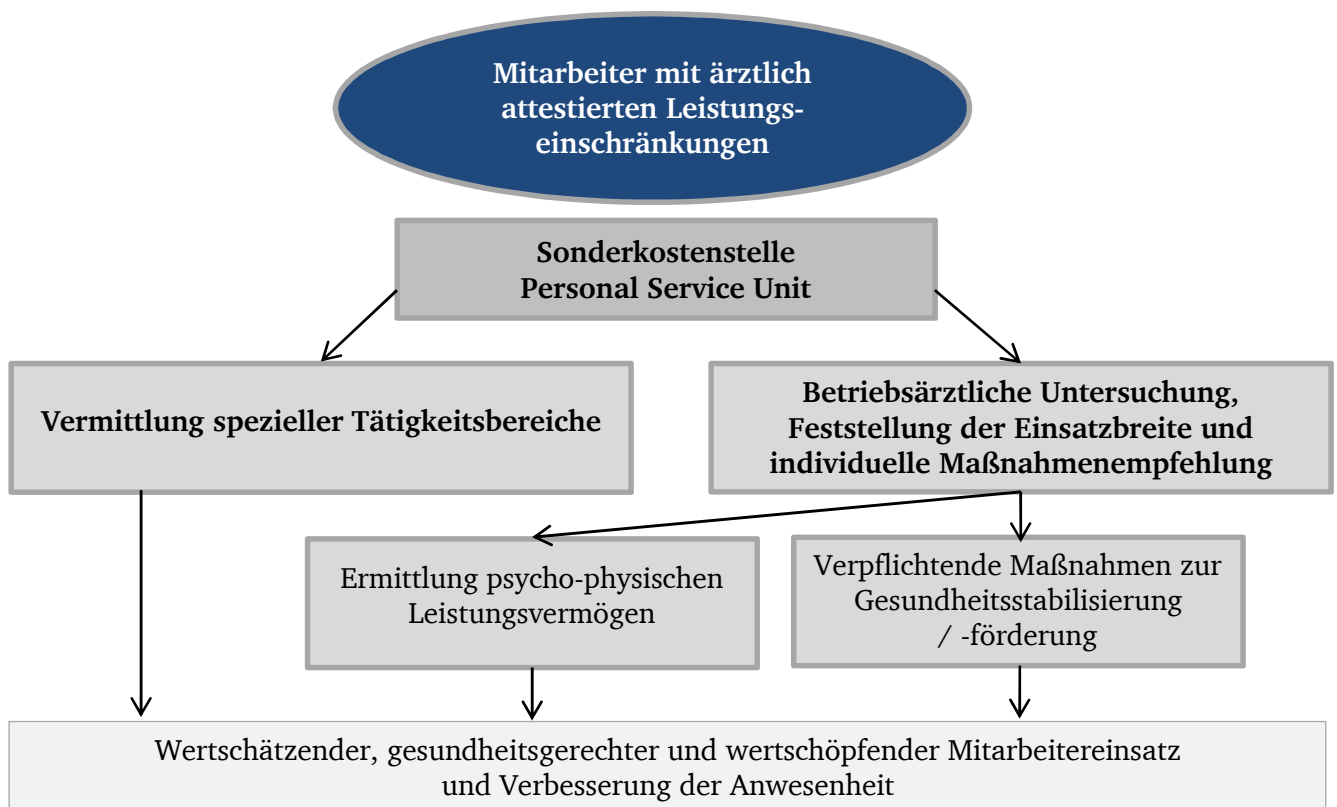


Abbildung 15: Einsatz von Mitarbeitern mit Tätigkeitseinschränkungen mithilfe der Personal Service Unit (eigene Darstellung nach Brandenburg & Nieder, 2009, S. 82)

Dem Erhalt von gesundheitsgerechter und wertschöpfender Leistungsfähigkeit wird bei Volkswagen ein hoher Stellenwert zugewiesen. Zudem sind die Mitarbeiter verpflichtet, einen eigenen Beitrag zur Gesundheitsförderung und -stabilisierung zu leisten. Dazu zählen die Teilnahme an Seminaren und Gesundheitsprogrammen sowie eine regelmäßige werkärztliche Betreuung, um eine Rückführung in den vorherigen Arbeitsbereich zu ermöglichen (Brandenburg & Nieder, 2009, S. 81).

Betroffene Mitarbeiter werden seitens Personalwesen über die Prozessabläufe frühzeitig informiert. Vorgesetzte und die betreffenden Teams werden bei der Suche nach einem geeigneten Arbeitsplatz einbezogen. Grundgedanke ist den Mitarbeiter trotz seiner Einschränkung in den bestehenden Prozess einzugliedern und mögliche resultierende Arbeitsunfähigkeit und Ausfallzeiten zu verhindern (Brandenburg & Nieder, 2009, S. 81).

Ein weiteres innovatives Konzept ist Work2Work (Ulich & Wülster, 2009, S. 290 ff.). Das Gesundheitswesen erstellt ein sogenanntes ergonomisches Arbeitsplatzprofil. Anhand dessen wird geprüft, ob ein Mitarbeiter mit Tätigkeitseinschränkungen eingesetzt werden kann. Work2Work ist ein Arbeits- bzw. Personalkonzept für den leistungsgerechten, gesundheitsstabilisierenden, persönlichkeitsförderlichen und wertschöpfenden Einsatz leistungsgewandelter Mitarbeiter. Das Programm beinhaltet medizinische und rehabilitative Maßnahmen, wie Ergo- und Psychotherapie sowie Stressmanagement (Rudow, 2011, S. 309). An einem weiteren Standort wurde auf dieser Grundlage ein IntegrationsWerk aufgebaut. Bei dem IntegrationsWerk handelt es sich nicht um eine räumlich abgegrenzte Abteilung, sondern leistungswandelte Mitarbeiter werden im Bereich der Fabrikstandhaltung eingesetzt und übernehmen bspw. Reparatur- und Instandhaltungsassistenten, Bestell- und Registrartätigkeiten als auch Maler- und Tischlerarbeiten (Morschhäuser, 2003, S. 142 f.). Ulich & Wülster (2009) bezeichnen diese Richtung der Unternehmenskultur „Disability Management by Ability Management“. Dabei wurde wiederholt festgestellt, dass beim Einsatz von Mitarbeitern mit gesundheitlichen Leistungseinschränkungen an belastungsreduzierten und gesundheitsförderlichen Arbeitsplätzen diese sich motiviert mit Ideen und Verbesserungsvorschlägen in die Arbeitsgestaltung einbringen (Hien, 2008, S. 70).

In der vorliegenden Untersuchung ist es von Interesse, wie sich nach Umsetzung von ergonomischen Maßnahmen das Arbeitsplatzprofil an das Anforderungsprofil von Mitarbeitern mit Tätigkeitseinschränkungen anpasst. Im Detail wird hierbei untersucht, ob durch eine gezielte ergonomische Arbeitsplatzgestaltung ein gesundheitsgerechter Einsatz von leistungsgewandelten Mitarbeitern möglich ist. Arbeitsmedizinische Untersuchungen zeigen, dass etwa 20 % der Mitarbeiter im Unternehmen Tätigkeitseinschränkungen aufweisen. Teilweise sind sogar über 40 % aufgrund ihrer gesundheitlichen Einschränkung weder voll leistungsfähig noch allen Arbeitsanforderungen gewachsen. Dies gilt insbesondere für Belegschaften mit steigendem Altersdurchschnitt. Ziel der Personaleinsatzplanung ist es, Mitarbeiter mit gesundheitlichen Problemen mithilfe von medizinischer Beratung, Arbeitsplatzgestaltung und Verhaltensbeeinflussung in ihren ursprünglichen Organisationseinheiten einzusetzen (Brandenburg & Nieder, 2009, S. 80).

Folgender Abschnitt ist für das Aufzeigen der möglichen Potenziale zur Kostenreduzierung und Steigerung des Unternehmenserfolgs von Bedeutung.

3.4.2. Kosten und Einsparungspotenziale der Kennzahlen

Kosten der entgangenen Qualität

Je länger sich ein Fehler durch den gesamten Prozess trägt, umso teurer wird dieser. Hierbei handelt es sich um eine progressive Fehlerauswirkung. Dies bedeutet, dass jede weitere Phase im Produktentstehungsprozess bzw. in der Wertschöpfungsstufe, in welcher der Fehler nicht entdeckt wird, einen Kostenanstieg zur Fehlerbeseitigung mit dem Faktor 10 hervorruft (Töpfer, 2007, S. 892). Abbildung 16 verdeutlicht diesen Kostenanstieg ausgehend vom Produktentstehungsprozess bis zum Kunden. An der x-Achse sind die einzelnen Phasen bis zur Auslieferung des Produkts an den Kunden dargestellt. Die y-Achse gibt die prozentuale Zunahme der Kosten an, insofern Fehler nicht aufgedeckt werden. Daher erscheint es nur lohnenswert, in den frühen Phasen in die Fehlervermeidung zu investieren, da die Kosten der Fehlerbehebung die Investitionen in die prospektive Fehlervermeidung deutlich übersteigen werden. Wird der Mangelzustand erst beim Kunden offenbart, kann dies schwerwiegende Folgen für das Unternehmensimage hervorrufen, da zirka 90 % der unzufriedenen Kunden einen Wiederkauf nicht in Betracht ziehen würden (Volkswagen AG, 2012a, S. 22). Demzufolge sind Imageschäden und Fehlerfolgekosten neben den Kosten für Kulanz und Fehlerbehebung wahrscheinlich (Töpfer, 2007, S. 892).

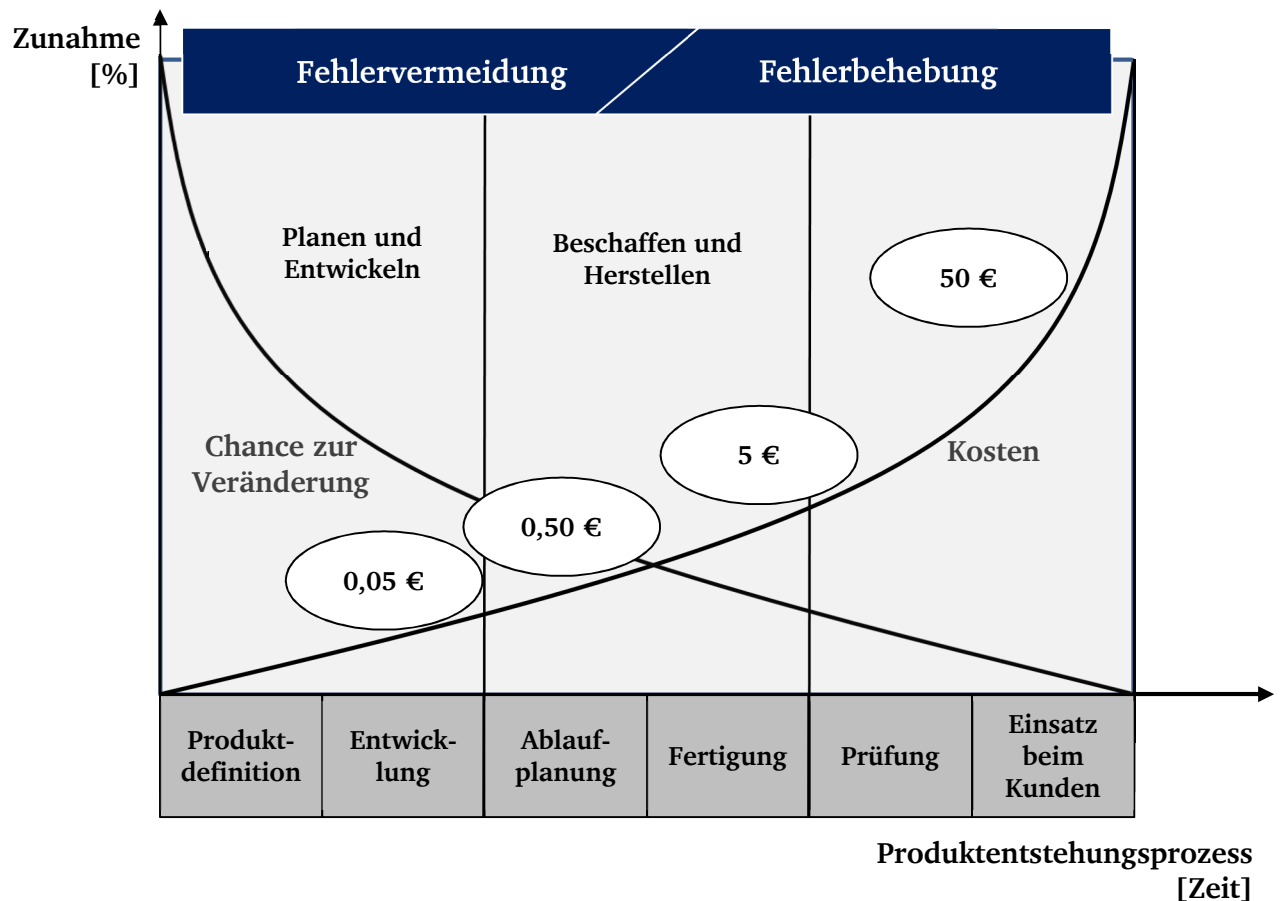


Abbildung 16: Kostenaspekte der Fehlervermeidung im Vergleich zur Fehlerbehebung entlang des Produktentstehungsprozesses (eigene Darstellung nach Schlick et al., 2010, S.1131; Luhn et al., 2003, S. 33; Volkswagen AG, 2012a, S. 200)

Analog hierzu ist es für ein Wirtschaftsunternehmen besonders attraktiv, die Ergonomie in den frühen Phasen des Produktentstehungsprozesses zu berücksichtigen. Entsprechend zu den in Abbildung 16 dargestellten Kosten zur Fehlerbehebung sind korrektive Maßnahmen am Arbeitsplatz ebenfalls mit hohen Investitionen, bestehend aus Anschaffungs- und Umbaukosten, verbunden. Vom arbeitswissenschaftlichen Interesse sind ebenfalls die Auswirkungen der Produktgestaltung auf die resultierende Produktivität. Auch diese wirken sich u. a. auf die Mitarbeiter aus (Schlick et al., 2010, S. 1131). Je nach Stundensatz variieren die Kosten für die aufzubringende Nacharbeit. Jedoch tragen nicht nur die Personalkosten zu zusätzlichen Aufwendungen bei, sondern auch die Bereitstellung von Werkzeugen und Nacharbeitsflächen. Diese fließen jedoch nicht in die folgenden Kostenrechnungen ein.

Kosten verschwendeter Zeiten

Die F-Zeit wird im Unternehmen häufig als die einzig valide Messgröße für Einsparungsmöglichkeiten gesehen. Insbesondere in 3P⁹- und KVP¹⁰-Workshops spielen F-Zeit-Reduzierungen eine bedeutende Rolle. Im Produktionsbereich werden Kosten für 1 € pro Fertigungsminute angenommen. Werden diese Einsparungen über die Schichten bzw. Monate oder Jahre betrachtet, spiegelt die F-Zeit ein hohes Einsparungspotenzial wider. Bei Volkswagen wird zwischen drei Tätigkeitsarten unterschieden. Hierzu gehören wertschöpfende Tätigkeiten sowie verdeckte und offene Verschwendungen. Dabei gilt es, wertschöpfende Tätigkeiten zu maximieren, da sie dem Produkt einen Mehrwert verleihen und der Kunde hierfür bereit ist zu zahlen. Beispielhafte Tätigkeiten sind Bohren, Schweißen, Nieten und Heften. Verdeckte Verschwendungen schaffen keinen Mehrwert, aber sind erforderlich, um wertschöpfende Tätigkeiten auszuführen. Ziel des Unternehmens ist es, verdeckte Verschwendungen, wie Transporte, Teile einlegen, Laufwege und Werkzeugtausch, zu minimieren. Im Hinblick einer Produktivitätsverbesserung sind offene Verschwendungen, wie Nacharbeit, Auspacken und Prüfen, zu vermeiden. Der Mitarbeiter schafft in diesem Sinne keinen Wert am Produkt und führt keine erforderlichen und wertschöpfenden Tätigkeiten aus. Die Folge ist ein erhöhter Fertigungsaufwand, welcher den Gewinn des Unternehmens schmälert. Diese Form der Verschwendung wird bei KVP-Betrachtungen als erstes hinsichtlich eines Optimierungspotenzials untersucht. Nach Hendrick (2003, S. 420) kann der Verlust dieser verschwendeten Zeit durch ergonomische und wertschöpfende Verbesserungsmaßnahmen Kostenersparnisse bewirken. Zu beachten sei jedoch, dass nicht jede ergonomische Gestaltungsmaßnahme einen Gewinn an monetären Einheiten darstellt, sondern auch einen gegenteiligen Effekt bewirken kann. Beispielsweise kann durch die Verwendung eines Manipulators die notwendige F-Zeit steigen, aber die Belastung des Mitarbeiters bedeutend reduziert werden.

Kosten durch Arbeitsunfähigkeit und eingeschränkte Leistungsfähigkeit

Die meisten Unternehmen legen ein besonderes Augenmerk auf die Fehlzeitenentwicklung. Hintergrund ist, dass Fehlzeiten bzw. AU-Tage betriebliche Kosten hervorrufen (Walter & Münch, 2009, S. 139). Nach Bridger (2003, S. 16) führt ein AU-Tag zu den 3,5-fachen Kosten des arbeitstäglichen Gehalts, welches der Mitarbeiter durch Ausübung seiner Arbeitstätigkeit erhalten würde. In den vorherigen Erläuterungen wurde bereits ausgeführt, dass Investitionen in den Gesundheits- und Arbeitsschutz, somit auch der Ergonomie, zu Kostensenkungen und Ersparnissen führen können. Nach Lück et

⁹ Ziel eines 3P (Produktions-Planungs-Prozess)-Workshops ist die Erreichung eines standardisierten, zyklischen Ablaufs unter Fokussierung des Wertschöpfungsprozesses in der Linie. Das übergeordnete Ziel entspricht dem effektiven Ressourceneinsatz von Mitarbeiter, Technik, Fläche, Logistik und Ergonomie (Volkswagen AG, 2012c, S. 137 ff.).

¹⁰ Kontinuierlicher Verbesserungsprozess (KVP)

al. (2009, S. 81) können des Weiteren durch derartige Optimierungen der Fehlzeitenstand und bestehende Unfallzahlen gesenkt und deutliche Einsparungen bei Lohnfortzahlung und Ersatzkräfte herbeigeführt werden. D. h. erfolgt eine Verringerung der Arbeitsbelastung, treten Erkrankungen demzufolge seltener auf. Bleiben weitere mögliche externe Einflüsse (z. B. Grippewellen) unberücksichtigt, zeichnet sich dieser Effekt durch eine Reduzierung des Fehlzeitenstandes ab. Die Arbeitsunfähigkeitszahlen werden insbesondere durch Erkrankungen des Muskel-Skelett-Systems angeführt (Lawaczek, 2001, S. 16). Nach einer Erhebung von Großmann & Laun (2002, S. 997) werden 30 % der Gesamterkrankungen der Produktionsmitarbeiter durch Muskel-Skelett-Erkrankungen begründet. Hierbei handelt es sich um chronische arbeitsbedingte Erkrankungen, die oftmals mit der Handhabung von Lasten in Verbindung stehen. Folgen sind häufige und längere Ausfallzeiten (Landau, 2001, S. 65 f.; vgl. Hartmann & Spallek, 2009).

Das Jahresdurchschnittsgehalts eines Mitarbeiters beträgt bei Volkswagen etwa 60.000 €. Bei Rückführung eines erkrankten Mitarbeiters in seine Organisationseinheit können Ausfälle durch bestehende Lohnfortzahlungen bei nicht-erbrachten Leistungen eingespart werden. Ein weiterer Bewertungsansatz ist die monetäre Berücksichtigung der 1-prozentigen Abweichung des Fehlzeitenstandes vom Zielwert mit ebenfalls Kosten von 60.000 € pro Mitarbeiter. Bei der Betrachtung der Fehlzeiten werden nach Thiehoff (1997b, S. 15) 33 % und nach Großmann & Laun (2002, S. 997) 30 % der Fehlzeiten als arbeitsbedingte Erkrankungen, die im Zusammenhang mit Muskel-Skelett-Erkrankungen stehen, angenommen. Nur dieser Anteil sollte bei der unternehmerischen Kostenbetrachtung einbezogen werden. Gerade im Hinblick der Fehlzeitenentwicklung wird eine Kosteneinsparung durch ergonomische Arbeitsplatzgestaltung deutlich. Durch zunehmende ergonomische Ausrichtung der Arbeitsplätze werden die leistungseinschränkenden Kriterien beim Mitarbeitereinsatz verringert. Dies wirkt sich ebenfalls auf die Personaleinsatzplanung von Mitarbeitern mit Mehrfacheinschränkungen aus. Mit dem folgenden Modell gilt es, die Beeinflussung des Fehlzeitenstandes und einen zunehmenden Einsatz von leistungsgewandelten Mitarbeitern zu belegen.

3.5. Kosten- und Nutzenmodellierung der untersuchten Kennzahlen mithilfe eines ROI

Ziel ist es einen Nachweis zu erbringen, dass ergonomische Gestaltungsmaßnahmen einen positiven Effekt auf Unternehmenskennzahlen ausweisen. Hierzu wurde ein Modell zur Plausibilitätsprüfung entwickelt und an realen Arbeitsplätzen evaluiert. Bei der Untersuchung werden Zeitintervalle von mehreren Monaten betrachtet, wobei die Zustände vor ($t-1$) und nach (t) erfolgreicher Umsetzung einer Maßnahme verglichen werden. Im Rahmen der Produktivitätsbetrachtung werden Einsparungspotenziale durch ergonomische Gestaltungsmaßnahmen mit Fokus auf Produktqualität und F-Zeit unter-

sucht. In der Betrachtung wird ein weiterer zusätzlicher Faktor definiert, welcher den Fehlzeitenstand und den Einsatz leistungsgewandelter Mitarbeiter beschreibt.

Durch die Transformation bisher erläutelter Faktoren in monetäre Werte (s. Kapitel 3.4.2) ist eine Kosten-Nutzen-Analyse in Form einer erweiterten ROI-Betrachtung nach rein ökonomischen Kennzahlen durchführbar (s. Kapitel 2.1.2). Der Zähler (Gewinnanteil) wird durch die monetäre Veränderlichkeit der bereits erläuterten Faktoren bestimmt. Der Nenner beschreibt das in die Maßnahmenrealisierung investierte Kapital (Kosten). Zähler und Nenner werden im Verhältnis gesetzt und mit 100 % bewertet. Diese Vorgehensweise entspricht einer Rentabilitätsanalyse (s. Kapitel 2.1.1) und bewertet die Effizienz der Investition.

Der Zähler gestaltet sich wie folgt:

Formel 10: Gewinnanteil der Investition bestehend aus den Kennzahlen Qualität und Produktivität und den Mitarbeiter als zusätzlichen Faktor

$$Benefit (EV) = \int_{t-1}^t (\Delta QV + \Delta PV + \Delta y) dt$$

Im Rahmen der Kosten-Nutzen-Analyse wird im Modell der Nutzen als Benefit (ergonomic value, kurz EV) und die Kosten als Costs (cost value, kurz CV) ausgewiesen. Der EV setzt sich aus der Veränderlichkeit der Qualitätskennzahl (quality value, QV), der Produktivitätskennzahl (productivity value, PV) und des zusätzlichen Faktors (additional factors, y) zusammen. Letzteres umfasst den Mitarbeiter im Hinblick der Veränderung des Fehlzeitenstands und der eventuellen Einsatzmöglichkeit von Mitarbeitern mit Tätigkeitseinschränkungen.

Der Nenner der Formel besteht aus zwei ökonomischen Teilgrößen:

Formel 11: Das investierte Kapital bestehend aus direkten und indirekten Kosten

$$Costs (CV) = DC + IC$$

Der CV wird in direkte Kosten (direct costs, DC) und indirekte Kosten (indirect costs, IC) unterteilt. DC entsprechen den jeweiligen Anschaffungskosten für eine Investition zur Realisierung einer ergonomischen Maßnahme. Kosten für zusätzliche Aufwendungen, wie Installation und Umbau, werden als indirekte Kosten erfasst.

Kosten und Nutzen werden in Formel 12 ins Verhältnis gesetzt und anschließend in Prozent dargestellt:

Formel 12: Return-on-Investment-Betrachtung ergonomischer Arbeitsplatzgestaltungsmaßnahmen

$$ROI = \frac{\text{Benefit (EV)}}{\text{Costs (CV)}} \times 100 \% = \frac{\int_{t-1}^t (\Delta QV + \Delta PV + \Delta y) dt}{DC + IC} \times 100 \%$$

Zur Beschreibung der Wirkung von ergonomischen Gestaltungsmaßnahmen auf Basis von Unternehmenskennzahlen ist eine betriebswirtschaftliche Analyse die gängigste Methode (Westermayer & Stein, 2006, S. 193). In diesem Kapitel wurden die Kennzahlen Qualität, Produktivität und zusätzlich der Faktor „Mitarbeiter“ als wesentliche Indikatoren für Qualitäts- und Produktivitätsverbesserungen einhergehend mit ergonomischer Arbeitsplatzgestaltung benannt. Jede einzelne Komponente ist monetär bewertbar und kann sich auf den wirtschaftlichen Erfolg eines Unternehmens auswirken. Diese können aber müssen nicht zwangsläufig positiv sein. Zudem ist eine mögliche Wechselwirkung der Faktoren untereinander bisher nicht nachweisbar. Eine Argumentation anhand der Faktoren Stress und Zeitdruck wäre hingegen möglich, jedoch wird in dieser Arbeit von einem exakt beschriebenen Prozess mit einer menschenwürdigen Auslastung ausgegangen.

In diesem Kapitel 3.4 wurden die theoretischen Zusammenhänge der Variablen erläutert. In der empirischen Überprüfung werden diese Größen detailliert nach ihrer Anwendung und Plausibilität geprüft. Bei der Untersuchung wird wie in der Praxis davon ausgegangen, dass die Mitarbeiter nach unternehmerischen Richtlinien eingearbeitet und qualifiziert wurden. Der Mensch ist Treiber für Qualität und Produktivität, so dass die monetäre Erfassung von Fehlzeiten und leistungsgewandelten Mitarbeitern anhand von Personalkosten ebenso eine bedeutsame Rolle spielt. Inwiefern dieser Faktor monetär bewertbar ist, wird folgende Untersuchung anhand realer Arbeitsplätze zeigen.

3.6. Schlussfolgernde Betrachtung

Nach Landau (2004, S. 29) ist die Voraussetzung für die Beurteilung nach Nutzenaspekten von Produkten oder Arbeitsplätzen ein ökonomisches Verhaltensmodell (s. Kapitel 3.2.1). Für einen Menschen (Arbeitsperson) aus dem Arbeitssystem steht die Maximierung des erwarteten Nutzens im Vordergrund. Ein ökonomisch handelndes Unternehmen dagegen stellt bei der Wirtschaftlichkeitsbeurteilung einer Maßnahme die Frage nach der Effizienz. Um einer Potenzialanalyse nach dem ökonomischen Prinzip (s. Kapitel 3.2.1) gerecht zu werden, ist die Ermittlung des Verhältnisses aus Aufwendungen und Erträgen bzw. Kosten und Nutzen unerlässlich. Krüger et al. (1998, S. 37) greift auf das Prinzip

der Effizienzbestimmung zurück (s. Kapitel 3.1). Die Effizienzbestimmung erfolgt im Normalfall vor der Maßnahmeneinführung und dient der Planung und Entscheidungsvorbereitung. Somit erfolgt die Analyse ex-ante. Von einer ex-post-Analyse wird von Effizienzprognosen gesprochen, d. h. die Prognosen beruhen auf Erfahrungswerten aus Erfolgskontrollen nach Maßnahmenumsetzung. Eine ex-ante-Betrachtung schließt eine ex-post-Betrachtung jedoch nicht aus, sondern trägt weiterhin zur Optimierung bei (Krüger et al., 1998, S. 37). Die zeitliche Perspektive beinhaltet demnach die Festlegung der Untersuchungsrichtung, d. h. ex-post oder ex-ante. Beide Analysen stellen unterschiedliche Anforderungen und liefern unterschiedliche Ergebnisse. Ebenso der Zeithorizont, welcher in kurz-, mittel- und langfristig unterschieden wird, bestimmt die Rahmenbedingungen. Bezugnehmend zur zeitlichen Abgrenzung ist die Diskontierung ebenfalls nicht außer Acht zu lassen. Nutzen und Kosten fallen größtenteils in unterschiedlichen Perioden an. Da die Analysen jedoch zeitpunktbezogen sind, ist eine intertemporale Vergleichbarkeit ratsam. Die Diskontierung als ein Teil der Investitionsrechnung ermittelt dabei den Gegenwartswert einer zukünftigen Zahlung (Krüger et al., 1998, S. 41 f.).

Der Versuch einen kausalen Zusammenhang abzuleiten, erscheint bei einer analytischen Betrachtung einer ergonomischen Maßnahme unmöglich. Die Herausforderung besteht darin, einen Zusammenhang zwischen Maßnahme und Wirkung herzustellen. Dies beschreibt jedoch allgemein ein methodisches Problem bei Evaluationen. Weiterhin rufen die Messung der Wirkungseffekte und die Festlegung von Bewertungsmaßstäben besonders in der Praxis Diskussionen hervor. Aus betriebswirtschaftlicher Sicht ist es notwendig, konkrete Maßnahmenziele zu definieren, welche eng mit der Bestimmung von kausalen Zusammenhängen verbunden sind (Krüger et al., 1998, S. 41). Häufig wird bei der Investitionsbeurteilung nach harten, rechenbaren Kennziffern verlangt (Grob, 1983, S. 13). Anhand dieser Kennzahlen ist eine monetäre Bewertung einer Maßnahmenverbesserung nur ohne Berücksichtigung einer Vielzahl von externen Störgrößen möglich.

Die bisherigen Ausführungen verdeutlichen, dass mit einer Gegenüberstellung von mehr oder minder quantifizierbaren Kosten- und Nutzengrößen zumindest ex-post eine Aussage über die Effizienz bzw. Wirtschaftlichkeit von ergonomischen Gestaltungsmaßnahmen getroffen werden kann. Eine Kosten-Nutzen-Analyse erfasst bei einer Beurteilung der Vorteilhaftigkeit einer Investition die möglichen positiven und negativen Effekte (Landau, 2004, S. 31). In Form einer klassischen sowie erweiterten ROI-Analyse stellt die Kosten-Nutzen-Analyse ein geeignetes Instrument zur Überprüfung der in dieser Arbeit definierten These anhand erläuterter Kennzahlen (s. Kapitel 3.4) dar. Trotz aller Herausforderungen ist die betriebswirtschaftliche Erfassung von Investitionen in ergonomische Gestaltungsmaßnahmen und deren Wirkung unter definierten Bedingungen möglich. Das folgende Kapitel wird die mathematische Berücksichtigung der Kennzahlen an praktischen Beispielen aus dem Montagebereich beschreiben. Im Zuge dessen wird eine vereinfachte, nachvollziehbare und praktikable Rechenbarkeit mit Blick auf Anschaffung und Umsetzung von gestalterischen Maßnahmen an Arbeitsplätzen aufgezeigt.

4. Empirische Überprüfung der Anwendbarkeit des ROI in der ergonomischen Praxis

Nach der theoretischen Ableitung des ROI-Modells zur Überprüfung der Effektivität von ergonomischen Arbeitsplatzgestaltungsmaßnahmen gilt es dies im folgenden Kapitel empirisch zu belegen. Dabei war für die Untersuchung insbesondere die Bewertung von Montagearbeitsplätzen eines Volkswagen-Fahrzeugwerkes von Relevanz, da sich hier aktuell die ergonomische Ausgestaltung von Arbeitsplätzen einer wachsenden Bedeutung unterzieht. Deutlich wird diese Entwicklung in der zunehmenden Berücksichtigung arbeitswissenschaftlicher Erkenntnisse u. a. im Montagegestaltungsprozess, Produktionssystem und Produktentstehungsprozess (vgl. Toledo Munioz & Lins, 2010; vgl. Lins & Britzke, 2010; vgl. Loth et al., 2010; vgl. Jacob et al., 2010). Anhand einer Stichprobe wurde eine mögliche Beeinflussung der vorab diskutierten Kennzahlen durch die korrektive Maßnahmenumsetzung untersucht sowie monetär bewertet.

4.1. Ausgangssituation

Die betreffende Montagehalle wurde bereits in den 80er Jahren gebaut und betrieb damals fünf Montagelinien, an denen die Modelle Golf, Golf Variant und Jetta sowohl für den inländischen als auch den amerikanischen Markt (Sonderausstattung) produziert wurden. Mit dem Golf-Modell der 6. Generation erfolgte die Reduzierung auf zwei Montagelinien, welche u. a. mit Schubskids ausgestattet wurden. Bei dem Prinzip des Schubskids handelt es sich um ein am Bodenniveau installiertes Fördermittel. Dabei kann zwischen vertikal und horizontal verschiebbaren Arbeitsplattformen unterschieden werden. Die Geschwindigkeit der Anlage ist dabei regulierbar und kann getaktet werden. Diese Lösung sorgt dafür, dass die Karossen in den verschiedenen Arbeitsstationen in den ergonomisch gewünschten Arbeitshöhen positioniert werden. Mit dem Modellwechsel wurden zudem verstärkt ergonomische Aspekte im Produktionsprozess berücksichtigt. Das gesamte Materialanstellungskonzept wurde nach dem Leitbild verkürzter Laufwege ausgestaltet. Auch das Prinzip Eintakter wurde zunehmend umgesetzt. Vorteilhaft ist hierbei ein geringerer Qualifizierungsbedarf bzw. -zeitraum, Qualitätsstabilität sowie erhöhte Arbeitssicherheit und eine Verbesserung der Ergonomie (Volkswagen AG, 2012b, S. 205). Die hohe Auslastung und der Zeitdruck wiederum wirken sich für den einen oder anderen Mitarbeiter negativ auf sein Belastungsempfinden aus. Als erste ergonomische Maßnahmen wurden der Einsatz von Gummi-Mitfahrbändern, ergonomische Montagesitze, Trilogiq-Regale sowie Manipulatoren für Reifen, Türen und Sitze umgesetzt. Während des Betrachtungszeitraums der vorliegenden Untersuchung begann die Produktion der 7. Golf-Generation. Die Qualifizierung erfolgte hier erstmals „on-the-job“. D. h. neben der Produktion vom Golf Plus und dem Golf der 6. Generation war jedes 15. oder 20. Modell ein Fahrzeug der neuen Generation. Dies ersparte nicht nur das Herunterfahren der Produktion, sondern ermöglichte eine zügige Abarbeitung der Kundenaufträge ohne Ausdehnung der Auslieferungszeiten. Im

Zuge des Modellwechsels erfolgten bereits vorbereitend diverse Umbaumaßnahmen zum Jahreswechsel 2011 / 2012 und abschließend im Werksurlaub des Jahres 2012. In der Vergangenheit verteilten sich bestimmte Montageumfänge auf unterschiedliche Hallen, welches einen erhöhten Transport- und somit auch Zeitaufwand bedeutete. Zum Produktionsstart des neuen Fahrzeugmodells wurden daher alle Umfänge in die betreffende Montagehalle verlagert. Die ausgewählte Montagelinie fertigt die zwei Fahrzeugmodelle Golf und Golf Plus, wobei ab Mitte des Jahres 2012 beide Golf-Generationen in den Prozessen wiederzufinden waren. Die durchschnittliche Anzahl an gefertigten Fahrzeugen beträgt 387 Stück je nach Schichtauslastung. Volkswagen arbeitet in einem Drei-Schichtbetrieb mit einer reinen Arbeitszeit von jeweils sieben Stunden inklusive Verteilzeit für eventuelle Prozessunterbrechungen. Der Anlauf des neuen Golfmodells fand am 01. September 2012 statt. Umfangreiche Umbaumaßnahmen waren die Installation von Werkermitfahrbändern auf allen Montagelinien und der effiziente Einsatz von Montagesitzen, welche hier im Fokus der Untersuchung stehen.

4.2. Auswahl der Arbeitsplätze

Zur Auswahl der Arbeitsplätze wurden FIS-eQS-Daten der entsprechenden Montagelinie für das Jahr 2011 (s. Anhang C) ermittelt und in Form eines Grobscreenings aufbereitet. Diese wurden zusätzlich mit FIS-eQS-Daten des Jahres 2012 (s. Anhang D) abgeglichen, so dass eventuelle Schwankungen ausgeschlossen werden konnten. Zuerst wurden Teams mit den häufigsten gemeldeten Fehlern betrachtet. Diese Teams wurden detailliert nach den jeweiligen Fehlerarten untersucht und mithilfe von Arbeitsplan dem jeweiligen Arbeitsplatz zugeordnet. Der nächste Schritt lag darin, die Fehlerspitzen und -treiber in den jeweiligen Teams zu finden. In Gesprächen mit Fertigungsleiter, Fertigungsabschnittsleiter, Meister und Teamsprecher konnte auf Basis von Erfahrungswerten festgehalten werden, wodurch diese Qualitätsabweichungen entstanden sind. In Tabelle 2 wurden für die Untersuchung gemäß Anhang C und Anhang D interessante und erwartungsgemäß repräsentative Arbeitsplätze mit entsprechenden Maßnahmen zusammengefasst:

Tabelle 2: Untersuchungsgegenstand bestehend aus zwei Montagearbeitsplätzen und deren realisierten Maßnahmen

Arbeitsplatz	Maßnahme zur Ergonomieverbesserung / Jahr der Einführung
Montage des Steuergeräts	Verbau von Werkermitfahrbändern / 2011 Einsatz eines ergonomischen Montagesitzes / 2012
Montage der Klemmleiste an der A-Säule	Einsatz eines ergonomischen Montagesitzes / 2012

Für die Untersuchung wurden zwei Arbeitsplätze aus dem Montagebereich ausgewählt, welche unterschiedliche Effekte der relevanten Kennzahlen hinsichtlich einer Wirtschaftlichkeitsbetrachtung ausweisen. Dabei handelt es sich zum einen um die Montage des Steuergeräts und zum anderen um die Montage der Klemmleiste an der A-Säule¹¹. Hierzu werden Vorher- und Nachher-Analysen durchgeführt. D. h. die Gestaltung des Arbeitsplatzes und des Prozesses vor einer ergonomischen Maßnahme wird mit der Situation nach der Umgestaltung verglichen. Im Zuge dessen werden Kennzahlen und die Wirkungseffekte der Maßnahmen analysiert. Im nächsten Abschnitt wird die Datenbasis der jeweiligen Referenzarbeitsplätze bezüglich Ausgangssituation, Beeinflussung der Ergonomie durch Umsetzung der Maßnahme und den Produktivitätskennzahlen Qualität, Produktivität und dem Faktor „Mitarbeiter“ geprüft.

4.3. Datenaufnahme und -aufbereitung

Für den Beweis einer positiven Beeinflussung ergonomischer Arbeitsplatzgestaltung auf Unternehmenskennzahlen erfolgte zuerst die Beurteilung der Maßnahmen mithilfe einer Risikobewertung nach neuesten, gesicherten arbeitswissenschaftlichen Erkenntnissen des Ergonomic Assessment Worksheets (EAWS). Bei dieser Methode handelt es sich um ein vom Institut für Arbeitswissenschaft Darmstadt (IAD) in Zusammenarbeit mit der Associazione MTM Italia (AMI) entwickeltes Screening¹²-Verfahren (s. Anhang A) zur Beurteilung körperlicher Belastungen, welches sowohl in der Automobil-, Elektro- als auch Zulieferindustrie Anwendung findet. Im Hinblick auf die Ergonomiebewertung ist vorab eine Aufnahme der Ausgangssituation, bestehend aus den jeweiligen Arbeitstätigkeiten und zugehörigen F-Zeiten, notwendig. Anschließend wurden Daten seitens Qualitäts- und Produktivitätsmanagement gesammelt und aufbereitet, um diese für einen Vergleich heranzuziehen. Jene Vorgehensweise gestaltete sich durch eigenständiges Bewerten, Auswerten der Datensituation im System Arbeitsplan und FIS-eQS. Zu einer möglichen Berücksichtigung des Mitarbeiters wurden Daten aus dem Personalwesen unter Beachtung des Schutzes personenbezogener Daten abgefragt.

Infolgedessen wird die Beurteilung der Wirkungseffekte auf die Unternehmenskennzahlen, ausgelöst durch die Umsetzung von Maßnahmen zur ergonomischen Arbeitsplatzgestaltung, in der anschließend beschriebenen Reihenfolge durchgeführt:

¹¹ Die A-Säule unterstützt die Sicherung der Stabilität im vorderen Bereich - vom Boden bis zum Dach - des Fahrzeugs.

¹² Screening bedeutet, dass es sich hierbei um ein Verfahren zur Einstufung der Belastungssituation handelt. Jedoch der Umfang und somit der Zeitaufwand auf ein Mindestmaß reduziert wurde (Schaub & Ghezal-Ahmadi, 2007, S. 601).

a) Analyse der Arbeitstätigkeiten und der damit verbundenen F-Zeit

Wie in Kapitel 3.4.1 erläutert, findet die Dokumentation aller Arbeitsplätze analog zum Aufbau der Linie in Arbeitsplan statt. In diesem System sind die Prozesspläne aller Werke des Volkswagen Konzerns zu finden. Für jeden Standort werden in diesen Plänen die Montagelinien nach Fertigungsabschnitten unterteilt. Diese Fertigungsabschnitte enthalten die Meisterschaften, Teams, Stationen und schließlich die real abgebildeten Arbeitsplätze mit den dazugehörigen Operationsbausteinen und Arbeitsfolgen. Der Aufbau eines solchen Prozessplans entspricht der in Abbildung 17 dargestellten Struktur.



Abbildung 17: Struktur eines Prozessplans in Arbeitsplan (eigene Darstellung nach Volkswagen AG, 2010b, S. 19)

Fertigungsabschnitte, Meisterschaft / Fertigungsgruppenleiter und Team bilden im Prozessplan die Aufbaustruktur der Fabrik ab (Fabrikorganisation). Die Station stellt einen definierten Raum mit layoutspezifischer Ausdehnung dar, in dem Arbeitsaufgaben ausgeführt werden. Diese enthalten Arbeitsinhalte und werden einem oder mehreren Arbeitsplätzen zugeordnet. Dabei wird die Einordnung des Arbeitsplatzes und der Betriebsmittel des Arbeitssystems beschrieben. Der Arbeitsplatz ist der räumliche Bereich im Arbeitssystem (vgl. Landau et al., 2001), in welchem die Arbeitsinhalte der jeweiligen Arbeitsaufgabe ausgeführt werden. Dem Arbeitsplatz sind die Operationsbausteine und Arbeitsfolgen untergeordnet, welche eine strukturierte Prozessbeschreibung der linienspezifischen Arbeitsgänge enthalten. Der Operationsbaustein stellt einen zusammenhängenden, bauteilbezogenen Arbeitsprozess dar, dessen zeitliche Reihenfolge innerhalb des Gesamtprozesses festgelegt ist. Er kann aus einer oder mehreren Arbeitsfolgen bestehen, deren Reihenfolge dem Arbeitsprozess entsprechen sollte. Die Ar-

beitsfolge bildet die Prozessinhalte entsprechend ihrer kleinsten Strukturmerkmale ab. Sie setzt sich grundsätzlich aus einem oder mehreren MTM-Bausteinen (Codes) zusammen, deren Zeitangaben den standardisierten Zeit- und Leistungsarten zuzuordnen sind. Abbildung 18 zeigt ein Beispiel, wie ein realer Arbeitsplatz ausgestaltet sein kann. Die Anzahl der MTM-Bausteine wird durch die auszuführenden Tätigkeiten bestimmt. Neben einer exakten Beschreibung des Bausteins sind für den Arbeitsplan-Anwender die Grundzeit (t_g), die Häufigkeit der Tätigkeit oder Bauteile (n), die notwendige Zeit für die Ausführung nach Häufigkeit ($t_g \cdot n$) und diese verbunden mit der auf Planungsebene festgelegten Verteilzeit¹³ (t_e) verfügbar.

Lfd.Nr	Beschreibung	Code	R	t_g	n (Faktor)	n (Wert)	$t_g \cdot n$	t_e
1	Verbindungsstück aufnehmen und ansetzen	AB2	<input type="checkbox"/>	0,0270	1	1	0,0270	0,0274
2	Verbindungsstück ausrichten	PA1	<input type="checkbox"/>	0,0060	1	1	0,0060	0,0061
3	1. Schraube auf Schrauber	AE2	<input type="checkbox"/>	0,0330	1	1	0,0330	0,0334
4	Schrauber aufnehmen	HA1	<input type="checkbox"/>	0,0150	1	1	0,0150	0,0152
5	Schrauber an schraubstelle	PB2	<input type="checkbox"/>	0,0180	1	1	0,0180	0,0182
6	festschrauben	PT	<input type="checkbox"/>	0,0006	55	55	0,0330	0,0334
7	Dummy aus Matkiste aufn. und auf Verbindungsteil plazieren	AB2	<input type="checkbox"/>	0,0270	1	1	0,0270	0,0274
8	Dummy plazieren	PA1	<input type="checkbox"/>	0,0060	1	1	0,0060	0,0061

Abbildung 18: Beispielhafte Beschreibung einer Arbeitsfolge durch Zeitbausteine (Volkswagen AG, 2012d)

Alle wichtigen Prozessinformationen über den Arbeitsplatz, u. a. Prozessbeschreibung, F-Zeit und Auslastung bei einer Mixfertigung (bspw. Golf und Golf Plus), werden im Standardarbeitsblatt „Methode“ (s. Abbildung 19) überschaubar zusammengefasst. Auch hierbei handelt es sich um eine volkswageneigene Entwicklung, welche markenübergreifend Anwendung findet.

¹³ Die Verteilzeit setzt sich zusammen aus der sachlichen Verteilzeit, wie Wartezeit infolge von Prozessstörungen, und der persönlichen Verteilzeit zur Erfüllung menschlicher Bedürfnisse.

Standardarbeitsblatt „Methode“																																																																																																				
 Werk: Wolfsburg		Arbeitsplatznr.: T8700		SAB-Ersteller: _____		Einsatzdatum: 17.12.2012																																																																																														
Fzg.-Klasse: 1T0; 5K0; 5N0		Heavy Item:		Planänderer: _____		Letzte Planänd.: _____		Name: _____																																																																																												
Bereich: Montage		Kostenstelle: 11 1653 1		Mstr./FGL		Unterschrift: _____																																																																																														
Fertigungsabschnitt: MO Wagenfertigung		Arbeitsplatzbezeichnung: Wischeranlage vorne in Wasserkasten montieren		S1 Leiter 1		S2 Leiter 2																																																																																														
Meisterschaft/FGL: M1 Team/Gruppe: 08		Plannr.: 5N0 000 000 AA0-MLX - -SYGU		S3 Leiter 3		S4 Leiter 4																																																																																														
Station: T 87		Taktzeit: 1,0000 min. 60,0 sec.		S5 Leiter 5																																																																																																
<table border="1"> <thead> <tr> <th>AFO-Nr.</th> <th>Kurztext</th> <th colspan="3">Ohne 0%-Umfänge</th> <th>t₁₀₀</th> <th>s</th> </tr> <tr> <th></th> <th></th> <th>PID</th> <th>PR-Nr.</th> <th>h%</th> <th>t₀</th> <th>s</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>T8700AAA04</td> <td>Weg mit Materialwagen zum Regal</td> <td>5N0</td> <td>+L0L</td> <td>59</td> <td>5,1</td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td>Materialwagen abdocken, aufnehmen und zum Materialregal gehen</td> <td>5K0</td> <td>+L0L</td> <td>6</td> <td>3,0</td> <td>0,3</td> </tr> <tr> <td>T8700AAC03</td> <td>W-Korb Wischermotor vorne auf Materialwagen ablegen</td> <td>5N0</td> <td>+L0L</td> <td>59</td> <td>5,5</td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td>mit linken Hand leeren Warenkorb vom Materialwagen aufnehmen und in Materialregal abstellen</td> <td>5K0</td> <td>+L0L</td> <td>6</td> <td>3,2</td> <td>0,3</td> </tr> <tr> <td></td> <td>mit beiden Händen Warenkorb vom Materialregal aufnehmen und auf Materialwagen abstellen</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td>PR-Nummerbeschreibung auf Montageanweisung achten</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td>Falschverbau</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td colspan="5">  </td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td>Zusatz</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>T8700AAD04</td> <td>Weg mit Materialwagen vom Regal zur Karosserie</td> <td>5N0</td> <td>+L0L</td> <td>59</td> <td>4,0</td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td>Materialwagen aufnehmen und zur Karosserie gehen</td> <td>5K0</td> <td>+L0L</td> <td>6</td> <td>2,4</td> <td>0,2</td> </tr> </tbody> </table>										AFO-Nr.	Kurztext	Ohne 0%-Umfänge			t ₁₀₀	s			PID	PR-Nr.	h%	t ₀	s	T8700AAA04	Weg mit Materialwagen zum Regal	5N0	+L0L	59	5,1			Materialwagen abdocken, aufnehmen und zum Materialregal gehen	5K0	+L0L	6	3,0	0,3	T8700AAC03	W-Korb Wischermotor vorne auf Materialwagen ablegen	5N0	+L0L	59	5,5			mit linken Hand leeren Warenkorb vom Materialwagen aufnehmen und in Materialregal abstellen	5K0	+L0L	6	3,2	0,3		mit beiden Händen Warenkorb vom Materialregal aufnehmen und auf Materialwagen abstellen							PR-Nummerbeschreibung auf Montageanweisung achten							Falschverbau														Zusatz						T8700AAD04	Weg mit Materialwagen vom Regal zur Karosserie	5N0	+L0L	59	4,0			Materialwagen aufnehmen und zur Karosserie gehen	5K0	+L0L	6	2,4	0,2
AFO-Nr.	Kurztext	Ohne 0%-Umfänge			t ₁₀₀	s																																																																																														
		PID	PR-Nr.	h%	t ₀	s																																																																																														
T8700AAA04	Weg mit Materialwagen zum Regal	5N0	+L0L	59	5,1																																																																																															
	Materialwagen abdocken, aufnehmen und zum Materialregal gehen	5K0	+L0L	6	3,0	0,3																																																																																														
T8700AAC03	W-Korb Wischermotor vorne auf Materialwagen ablegen	5N0	+L0L	59	5,5																																																																																															
	mit linken Hand leeren Warenkorb vom Materialwagen aufnehmen und in Materialregal abstellen	5K0	+L0L	6	3,2	0,3																																																																																														
	mit beiden Händen Warenkorb vom Materialregal aufnehmen und auf Materialwagen abstellen																																																																																																			
	PR-Nummerbeschreibung auf Montageanweisung achten																																																																																																			
	Falschverbau																																																																																																			
																																																																																																				
	Zusatz																																																																																																			
T8700AAD04	Weg mit Materialwagen vom Regal zur Karosserie	5N0	+L0L	59	4,0																																																																																															
	Materialwagen aufnehmen und zur Karosserie gehen	5K0	+L0L	6	2,4	0,2																																																																																														

Abbildung 19: Ein beispielhaftes Standardarbeitsblatt „Methode“ (Volkswagen AG, 2012e)

Das Arbeitsblatt dient in der vorliegenden Arbeit als Basis für den späteren Vergleich der Vorher- und Nachher-Situationen. Dargestellte Informationen reichen von Fahrzeugklassen, Arbeitsplatznummer bis hin zu detaillierten Beschreibungen der Arbeitsfolgen sowie der durchschnittlich aufgewendeten Zeit, welche nach MTM-Bausteinen bewertet wurde.

b) Risikobeurteilung der Maßnahme auf Arbeitsebene nach Konzernstandard

Der Erfolg ergonomischer Maßnahmen in Betrieben fordert unternehmerische Prozesse und bedarf spezieller Strukturen, Analyse- und Bewertungswerkzeuge. Dazu zählen Sensibilisierung des Themas innerhalb der Unternehmenskultur sowie spezielle Ausbildung- und Trainingskonzepte zur Umsetzung in das Produktionssystem (Landau et al., 2002, S. 2). Das EAWS (vgl. Schaub et al., 2012) ist das derzeit fundierteste Bewertungsinstrument für eine ganzheitliche Bewertung physischer Belastungen weltweit. Diese Methode gilt seit 2009 bei Volkswagen als Konzernstandard und ist in die Systemlösung AP-Ergo (Subsystem von Arbeitsplan) eingebettet. Für ergonomisch günstige und ungünstige Situationen werden Belastungspunkte nach Intensität und Dauer der Belastung vergeben. Dies geschieht für Körperhaltungen und -bewegungen mit geringen Lasten und Kraftaufwand (Schaub et al., 2012, S. 7 f.; DIN EN 1005-4), Aktionskräfte des Hand-Finger-Systems und Ganzkörpers in realtypischen Situationen (Schaub et al., 2012, S. 8; DIN EN 1005-3), Lastenhandhabungen in realtypischen Situationen (Schaub et al., 2012, S. 8 f.; DIN EN 1005-2) und kurzzyklischen, repetitiven Belastungen der obe-

ren Extremitäten (Schaub et al., 2012, S. 3 f.; Schaub & Ghezel-Ahmadi, 2007, S. 601 f.; DIN EN 1005-5). Letzteres befindet sich derzeit bei Volkswagen in einer Pilotierungsphase und wird noch nicht regulär erfasst. Hinzu kommt noch die für die Automobilindustrie speziell entwickelte Sektion der Extrapunkte, in welcher Sonderfälle wie Hand-Gelenkstellungen und Bedingungen des Arbeitsumfelds berücksichtigt werden. Die Risikobeurteilung orientiert sich an dem Ampelprinzip aus der Maschinenrichtlinie (DIN EN 614-1). Für die Bewertungsbereiche Extrapunkte, Körperhaltung, Aktionskräfte und manuelle Lastenhandhabung wird eine Ampel zur Risikobereichsbewertung ausgewiesen. Für kurzzyklische, repetitive Tätigkeiten erfolgt eine weitere Risikobeurteilung nach dem Ampelschema. Hinsichtlich einer finalen Beurteilung des Arbeitsplatzes ist dabei das höchste Risiko entscheidend. Abhängig von der Belastung des Mitarbeiters erfolgt demnach die Einstufung des Arbeitsplatzes nach den Kategorien geringe, erhöhte und hohe Belastung. Abbildung 20 verdeutlicht zudem Handlungsempfehlungen bezüglich Gestaltungsmaßnahmen für Arbeitsplätze, Richtlinien der Arbeitsorganisation und Bestimmungen für den zukünftigen Personaleinsatz, welche richtungsweisend und verpflichtend gelten.

	Geringe Belastung	Erhöhte Belastung	Hohe Belastung
	Empfehlenswert; Maßnahmen nicht erforderlich	Nicht empfehlenswert; Maßnahmen zur erneuten Gestaltung / Risikobeherrschung ergreifen	Vermeiden; Maßnahmen zur Risikobeherrschung erforderlich
Gestaltungsmaßnahmen	Keine Maßnahmen erforderlich	Gestaltung des Arbeitsplatzes überprüfen	Gestaltungsoptimierungen erforderlich und anzugehen
Arbeitsorganisation	Keine Maßnahmen erforderlich	Grundsätzlich 1 × Rotation pro Schicht ¹	Grundsätzlich 1 × Rotation pro Schicht ¹ (keine vollschichtige Ausübung des Arbeitsplatzes)
Personaleinsatz	Einsatz von leistungsgewandelten Mitarbeitern möglich, jedoch ist nach Einzelkriterien zu prüfen	Einsatz von leistungsgewandelten Mitarbeitern ¹ nach Einzelkriterien prüfen	Einsatz von leistungsgewandelten Mitarbeitern ¹ nach Einzelkriterien prüfen
¹ unternehmensspezifisch			

Abbildung 20: Risikobeurteilung nach dem Ergonomic Assessment Worksheet (eigene Darstellung nach Volkswagen AG, 2012f, S. 11)

Für vorliegende Untersuchung wird die Risikobewertung mit dem aktuellen Standard EAWS 1.3.3 durchgeführt. Aufgrund der derzeit durchgeführten Validierung der kurzzyklischen, repetitiven Tätigkeiten werden in der weiteren Betrachtung ausschließlich die belastenden Faktoren der Risikobereiche Extrapunkte, Körperhaltung, Aktionskräfte und Lastenhandhabung betrachtet. Die zeitliche Einstufung erfolgt mithilfe des Standardarbeitsblatts „Methode“ (s. Abbildung 19).

In der praktischen Untersuchung der Arbeitsplätze wird die EAWS-Bewertung fünf Monate vor und fünf Monate nach Umbau der Montagelinie bzw. Durchführung der Maßnahme erfolgen. Die Datenaufnahme und Ergonomiebewertung erfolgt nach Regelwerk (s. Volkswagen AG, 2012f) Vorort. In der Analyse wird die Ausgangssituation des Arbeitsplatzes mit dem Ist-Stand verglichen und diskutiert.

c) Auswertung der Qualitätsveränderung nach Fehlerhäufigkeit und Nacharbeitsaufwand

Schwerpunkt der Arbeitsplatzauswahl war die Beurteilung der Produktqualität als Voraussetzung für die Nachhaltigkeit (vgl. Abele & Reinhart, 2011, S. 123). In Kapitel 3.4.1 wurde bereits ein möglicher Zusammenhang zwischen Ergonomie und Produktqualität im weiteren Sinne geschildert. Die ausgewählte Stichprobe soll dies bestätigen. Der Kern der Fehlererfassung ist der Qualitätsregelkreis, welcher sich in einer abgeschlossenen Organisationseinheit (Takt oder Team) befindet und selbständig die Teamarbeit reguliert (vgl. Schlick et al., 2010). Darunter fällt die Überprüfung des Fertigungsflusses sowie das Erfassen, Sichtbarmachen und gegebenenfalls die Behebung von Fehlern (Neubauer & Rudow, 2012, S. 127). Sowohl die im Prozess als auch die in der Nacharbeit beseitigten Fehler werden in der FIS-eQS-Datenbank dokumentiert. Zur notwendigen Nachbearbeitung erklärte Fehler wurden in der Auswertung teamzugehörig nach Monaten ausgewiesen. In vorliegender Untersuchung wurde auf eine Betrachtung der im Prozess bereits behobenen Fehler durch Mitarbeiter oder Qualitätsregelkreis verzichtet. Sowohl Mitarbeiter als auch der Qualitätsregelkreis sind planungstechnisch im Prozess erfasst und sind aus Kostensicht nicht zusätzlich zu berücksichtigen, so dass eine Bewertung der im Prozess beseitigten Fehler nicht notwendig ist. Dies bedeutet, dass zeitlich oder infolge des Umfangs nicht zu bewältigende Fehler in der Nacharbeit behoben werden. Zudem ist es aufgrund der unternehmensseitig geforderten Auslastung für den Mitarbeiter kaum möglich im Prozess entdeckte Fehler zu beseitigen. Hierzu werden der Qualitätsregelkreis oder der Teamsprecher angefragt, welche zusätzliche Unterstützung leisten. Im Ausnahmefall ist auf das Reißleine-Prinzip zurückzugreifen.

Wie bereits erwähnt, wird stets von gut ausgebildeten und geübten Mitarbeitern ausgegangen. Zur Auswertung der dokumentierten Fehler erfolgte eine Kriterienauswahl: D. h. bei der Beurteilung der Abweichungen wurde zwischen Fehler durch ergonomisch ungünstige Körperhaltungen und -stellungen etc. und bspw. karosseriebau- und zulieferbedingte Unzulänglichkeiten unterschieden. Diese Kriterien werden für jeden Arbeitsplatz individuell festgelegt, z. B.:

- Verbau von Niet- oder Clipverbindung n. i. O. (nicht sachgemäßer Verbau)
- Nicht gesteckte und verrastete Steckungen
- Lose, abstehende oder eingeklemmte Bauteile
- Verschraubung n. i. O.
- Beschädigung der Bauteile

Bedingt durch die Auswahl der Arbeitsplätze erfolgte die Auswertung der Daten aus Qualitätsberichten der Jahre 2011 und 2012.

d) Beurteilung der Auswirkungen auf den Mitarbeiter anhand Fehlzeitenstand und Tätigkeitseinschränkungen

Daten bezüglich Fehlzeitenstand und vorliegenden Tätigkeitseinschränkungen wurden vom Personalwesen zur Verfügung gestellt. In der untersuchten Montagelinie arbeitete im Jahr 2012 eine Anzahl von 894 Mitarbeitern im Drei-Schichtbetrieb. Die Altersstruktur dieser Montagelinie (s. Abbildung 21) zeigt im Vergleich zur Volkswagen AG eine ähnliche Urnenform auf. Das durchschnittliche Alter betrug in dieser Linie im Jahr 2012 bereits 44 Jahre. In der dargestellten Struktur sind hier ausschließlich die Mitarbeiter aus dem Leistungslohnbereich, Mitarbeiter in aktiver und passiver Altersteilzeit, Auszubildende und Studenten im Praxisverbund enthalten.

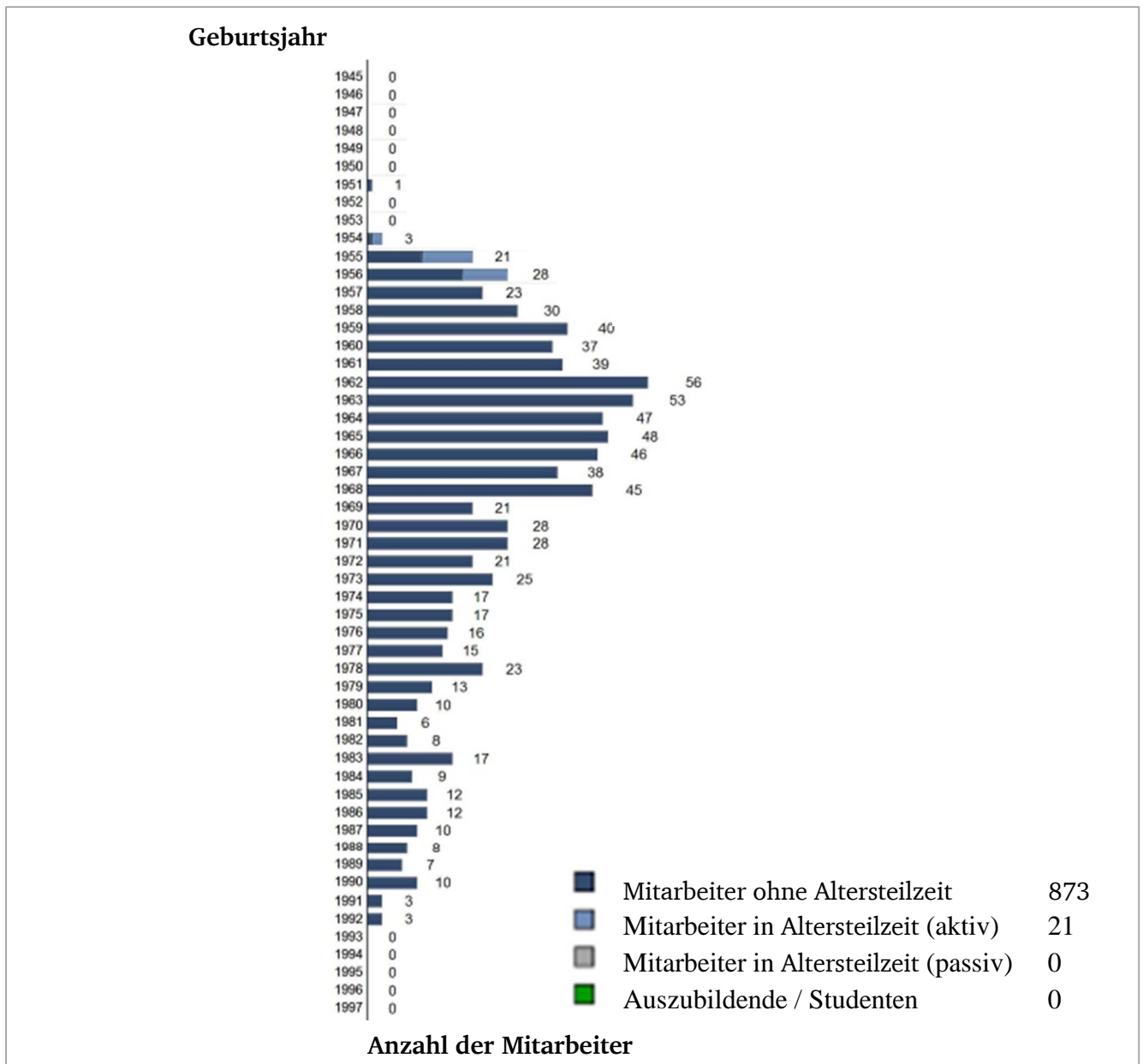


Abbildung 21: Altersstruktur der betreffenden Montagelinie im Jahr 2012 (Volkswagen AG, 2013a)

Da die untersuchten Maßnahmen aus den Jahren 2011 und 2012 stammen, werden in Abbildung 22 die Fehlzeitenquoten der ausgewählten Montagelinie beider Jahre vergleichend mit dem Zielwert in Prozent dargestellt. In diesem Bereich der Montage liegt der unternehmerisch abgestimmte Zielwert bei 4,1 %, welcher für die gesamte Montagelinie definiert ist. Die unterschiedliche Festsetzung des Zielwertes ist bereichsabhängig und vermutlich auf die erhöhte Belastung im Tätigkeitsbereich zurückzuführen. Auch hier wurden ausschließlich Mitarbeiter des Leistungslohnbereichs erfasst. Im Jahre 2012 betrug die durchschnittliche Fehlzeitenquote 7,1 %. Im Vergleich zum Vorjahr konnte hier eine Verbesserung von 0,5 % erzielt werden. Die Abweichung zum Zielwert betrug in dieser Montagelinie im Betrachtungszeitraum somit 3 %. Der geringe Fehlzeitenstand im August lässt sich wiederum mit

dem Urlaubskorridor des Werkes erklären. Hinsichtlich der Datenauswertung wäre es möglich, die Quoten der einzelnen Teams vor und nach der Maßnahmenumsetzung zu vergleichen und die jeweilige Abweichung vom Zielwert zu identifizieren. Hinderlich für die Begründung ergonomischer und wirtschaftlicher Effekte anhand von Fehlzeiten sind zum einen saisonale Schwankungen und zum anderen die variierende Gestaltung der Arbeitsinhalte und des Arbeitsumfangs im Zeitablauf.

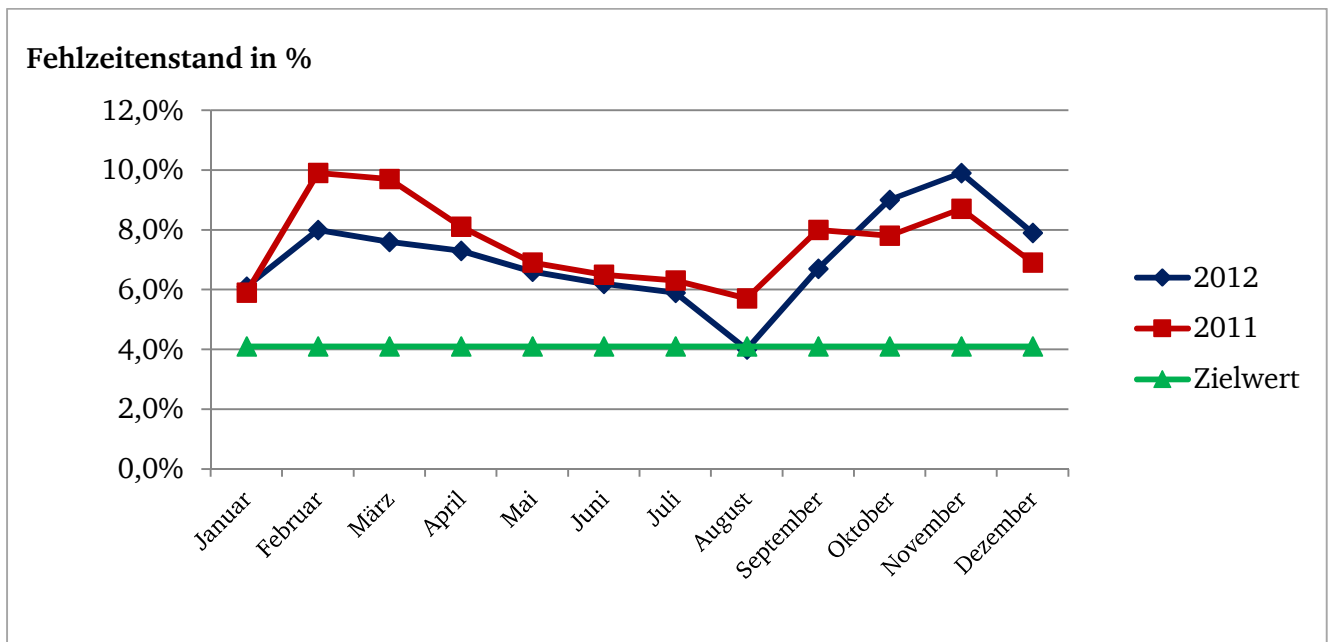


Abbildung 22: Fehlzeitenquote der betrachteten Montagelinie in den Jahren 2011 und 2012 (eigene Darstellung nach Volkswagen AG, 2013a)

Nach Rudow (2011, S. 298) befinden sich am Standort Wolfsburg zirka 5.000 Mitarbeiter mit Tätigkeitseinschränkungen. Im Untersuchungsbereich wurden bei 394 Mitarbeitern gesundheitliche Einschränkungen attestiert. Auch hier sind Mitarbeiter mit Mehrfacheinschränkungen beschäftigt. In Abbildung 23 sind die fünf häufigsten attestierten Einschränkungen nach der Anzahl der aufgetretenen Fälle dargestellt. Die Rangfolge führt die Körperhaltung, bestehend aus gebeugter, gebückter Körperhaltung, Schulter- und Überkopfarbeit sowie die Körperhaltung bei Ganzkörperkräften und der Lastenhandhabung, an. Die Kategorien Arbeitsorganisation, Umgebungseinflüsse und Sinnesorgane wurden nahezu gleich häufig identifiziert. Auffällig ist der hohe Anteil von Einschränkungen der oberen Extremitäten, welcher vermutlich auf die kurzzyklischen und repetitiven Tätigkeiten zurückzuführen ist. Betroffen sind dabei Finger-, Hand- und Armfertigkeiten sowie Gelenkstellungen.

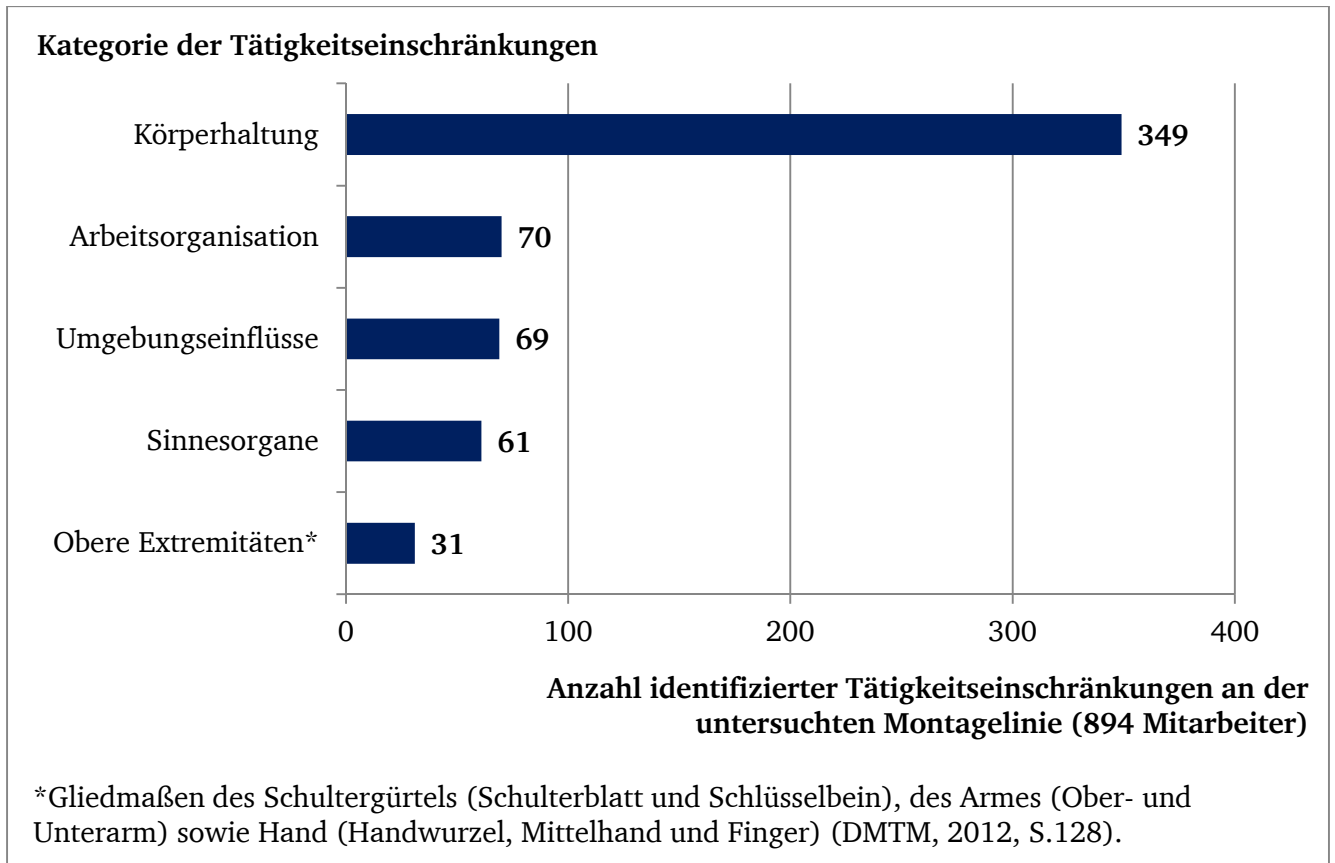


Abbildung 23: Auswahl von Tätigkeitseinschränkungen der zu untersuchenden Montagelinie 2012 nach Häufigkeit (eigene Darstellung nach Volkswagen AG, 2013a)

Anhand eines ergonomischen Arbeitsplatzprofils, welches durch das Gesundheitswesen erstellt und in Arbeitsplan hinterlegt wird, kann abgeleitet werden, wie sich die ergonomischen Maßnahmen auf die Tätigkeitseinschränkungen auswirken. Die Auswirkungen auf die Personaleinsatzplanung sind nur anhand exakter Daten aus der Personal Service Unit (s. Kapitel 3.4.1) festzustellen. Bezugnehmend zum Fehlzeitenstand werden zirka 33 % des Wertverlustes (vgl. Thiehoff, 1997b; vgl. Großmann & Laun, 2002) arbeitsabhängig begründet. Neben der eingeschränkten Verwendung von personenbezogenen Daten besteht eine zusätzliche Erschwernis hinsichtlich der Vergleichbarkeit dieser Informationen. Infolge veränderter Umfänge oder Prozessveränderungen kann eine kontinuierliche Betrachtung nicht gewährleistet werden. Des Weiteren müssen Mitarbeiterrotation oder -wechsel nicht aufgabenbegründet sein.

Bereits in der analytischen Betrachtung wurden die Herausforderungen der folgenden Untersuchung deutlich. Anschließend werden die bereits definierten Kennzahlen hinsichtlich ihrer unternehmensinternen Wirkung durch die Umsetzung ergonomischer Gestaltungsmaßnahmen mittels zweier Beispielarbeitsplätze der Volkswagen AG geprüft.

4.4. Untersuchung der Auswirkungen ergonomischer Gestaltungsmaßnahmen anhand ausgewählter Arbeitsplätze

4.4.1. Arbeitsplatz 1 - Montage des Steuergeräts

Ausgangssituation - Szenario 0

Der erste Arbeitsplatz befindet sich im Fertigungsabschnitt Karosserieband und umfasst die Montage des Steuergeräts im Inneren der Karosse. Für die Montage des Bauteils werden drei Szenarien vorgestellt. Die Montagelinie beinhaltet die Produktion der Modelle Golf, in Szenario 0 noch ein Vorgängermodell (nachfolgend Golf VG genannt), und Golf Plus (Golf +). Die Taktzeit des Arbeitsplatzes beträgt 60,8 s, welche der Normzeit für Montagetätigkeiten in dieser Linie entspricht. Dabei wird der Golf VG zu einem Anteil von 64 % und der Golf + zu 36 % gefertigt. Die Karosse befindet sich in einem Kettengehänge und wird aus dem Takt des vorgelagerten Arbeitsplatzes in den Montagebereich des Steuergeräts gefahren. Die Aufgabe des Mitarbeiters besteht in der Anbringung des Bauteils im Bereich der Fahrzeug-Mittelkonsole und der Verschraubung des Steuergeräts mit der Bodenplatte. Abbildung 24 vermittelt einen Eindruck über die bereits beschriebenen Tätigkeiten. Der Mitarbeiter befindet sich vorwiegend in gebeugter Körperhaltung. Hinzukommen erweiterte Reichweiten, aufzuwendende Kräfte und ein fortwährendes Mitlaufen im Taktbereich.



Abbildung 24: Montage des Steuergeräts ohne ergonomisches Hilfsmittel

Die Arbeitsschritte des Montageumfangs sind in Tabelle 3 beschrieben. Jede Arbeitsfolge wird in Arbeitsplan durch MTM-Bausteine beschrieben. Diese wiederum werden mit einer Ergonomiebewertung im System gekoppelt. Für die Montage des Bauteils werden infolge des Modellmixes ebenfalls unter-

schiedliche Zeiten festgelegt. D. h. die F-Zeit des Golf VG in Szenario 0 beträgt laut MTM-Analyse 30,5 s und 23,8 s für den Golf +. Dies entspricht einer Auslastung, welche sich aus dem Verhältnis von F-Zeit und Taktzeit definiert, von 87,6 %. Der Richtwert für Volkswagen liegt infolge der Variantenvielfalt und unterstellter maximaler Produktivität in der gesamten Schicht bei 97 %. Die jeweilige Auslastung ist dabei jedoch von der Bestellvariante¹⁴ abhängig. Demzufolge gestaltet sich die Taktausgleichszeit je nach Variante. Das Ziel besteht in einer effizienten Ausnutzung der Taktzeit. In Tabelle 3 ist die F-Zeit für die Montage in den einzelnen Arbeitsfolgen der Modelle Golf VG und Golf + dargestellt. Der Unterschied liegt in den verschiedenen Verbauzeiten gleicher Teile in den einzelnen Arbeitsfolgen bzw. dem modellspezifischen Verbau von Bauteilen.

Tabelle 3: Fertigungszeit bei der Montage des Steuergeräts ohne ergonomisches Hilfsmittel – nach Szenario 0 (eigene Darstellung nach Volkswagen AG, 2012d)

Nr.	Arbeitsfolge	Ø F-Zeit [s]	
		Golf VG	Golf +
1	Weg zum Regal	2,3	1,8
2	Weg vom Regal zum nächsten Fahrzeug	2,1	1,6
3	Montageanweisung lesen	0,3	0,3
4	Hutmutter mit Schrauber lösen	2,4	1,8
5	Verdrehschutz auf Massebolzen	1,1	0,9
6	Hutmutter auf Stehbolzen heften	1,1	0,9
7	1x Hutmutter mittels Akkuschrauber abschrauben	2,5	2
8	Weg zum Regal: Steuergerät holen und zurück	2,1	1,6
9	Steuergerät auf 3 Stehbolzen heften	4,8	3,7
10	Weg zum Köcher und zurück	3,1	2,4
11	Steuergerät 3x festschrauben	7,1	5,5
12	Materialschütze auffüllen	1,6	1,3
	F-Zeit [s]	30,5	23,8
	Taktausgleichszeit [s]	3,7	2,8
	Summe (Taktzeit 60,8 s)	34,2	26,6

¹⁴ Bspw. Grundausstattung, gehobene Ausstattung mit geringen Extras oder Vollaussattung

Bevor eine Ergonomiebewertung erfolgen kann, ist eine Normierung von Taktzeit und Häufigkeit auf 60 s notwendig. Im nächsten Schritt werden Körperstellung, d. h. die Stellung des Körpers während der Arbeitsaufgabe (Stehen und Gehen, Sitzen, Klettern etc.) identifiziert. Anschließend erfolgt die Einstufung in die Körperhaltung (gebeugt, Schulter- oder Kopfarbeit usw.). Für die Bewertung ist von Bedeutung, dass nur aufeinanderfolgende Tätigkeiten in der gleichen Körperhaltung größer gleich 4 s bewertet werden. Diese werden als statische Körperhaltungen bezeichnet. Alle Tätigkeiten unter 4 s entsprechen dynamischen Körperhaltungen und werden zu der Grundkörperhaltung (Stehen oder Sitzen) hinzuaddiert. Das Gleiche geschieht mit der Taktausgleichszeit, welche sich aus der Differenz der festgelegten Taktzeit und der F-Zeit ergibt. Je nach Variantenmix kann diese variieren.

In Szenario 0 dominieren die Körperhaltungen Stehen und Gehen, welche hier der Grundkörperhaltung entspricht, sowie die nach vorn geneigte Körperhaltung (Radius von 20-60°). Diese gehören zu den symmetrischen Körperhaltungen. Zusätzlich werden Reichweiten insbesondere bei Heft- und Schraubvorgängen identifiziert. Die Reichweite gehört neben der Rumpfnéigung und -drehung zu den asymmetrischen Körperhaltungen, welche auch als 3D-Körperhaltungen bezeichnet werden. Bei den Lös- bzw. Schraubprozessen erfolgt zusätzlich die Bewertung von Aktionskräften, die aufgrund der Kraftaufwendung durch den Körper in die Kategorie der Ganzkörperkräfte einzuordnen sind. Erschwerend kommt hier das Arbeiten an einer bewegenden Karosse hinzu. Hierbei ist es für den Mitarbeiter besonders schwer Präzisionsarbeit auszuführen. Zu Präzisionsarbeit zählen Handlungen wie Einfädeln, Stecken und Clipsen bei schlechter Erreichbarkeit. Aufgaben mit geringer Präzision sind Handlungen wie Schrauben, Stecken und Clipsen mit guter Erreichbarkeit. Jene Belastung fällt in die Kategorie der Extrapunkte, welche in keine der anderen Belastungsarten (Körperhaltung, Aktionskräfte und Lastenhandhabung) berücksichtigt wird.

Tabelle 4 zeigt die Ergonomiebewertung für den Verbau des Steuergeräts ohne ergonomische Hilfsmittel. Daraus ist ersichtlich, dass die Montage des Steuergeräts hoch belastend ist und es sich hierbei um einen ergonomisch kritischen Arbeitsplatz handelt. Zur besseren Nachvollziehbarkeit erfolgte die Risikobeurteilung nach dem EAWS (s. Anhang A) in Tabellenform. Zudem wurden Zeit- und Kraftwerte ausgewiesen, Punktwerte entsprechend ermittelt und abschließend je nach Modellhäufigkeit gewichtet. Der endgültige Punktwert jeder Sektion wird auf den nächsten halben Punkt gerundet. Zwischenergebnisse werden kaufmännisch auf eine Kommastelle auf- oder abgerundet (DMTM, 2012, S. 60).

Tabelle 4: Ergonomiebewertung zur Montage des Steuergeräts ohne ergonomisches Hilfsmittel – nach Szenario 0 (eigene Bewertung nach Volkswagen AG, 2012d)

Modell	Analyse	Zeitanteil [s] oder Kraft [N]	Punkte
Golf VG	Körperhaltung [s]		
	Stehen und Gehen	15	0,9
	Nach vorn gebeugt (20-60°)	18,7	16,1
	<i>Summe Körperhaltung symmetrisch</i>		17
	Erweiterte Reichweite 80 %	18,7	3 × 2
	<i>Summe Körperhaltung asymmetrisch</i>		6
	<i>Summe Körperhaltung gesamt</i>		≈23
	Ganzkörperkräfte [N]		
	Hutmutter lösen 1x (A+, 29 %)	50	(4,4 × 1 + 4,4 × 1 + 10,7 × 3)/5 = 8,2 5 × dynamisch: 2,7
	Hutmutter abschrauben 1x (A+, 29 %)	50	
	Steuergerät festschrauben 3x (A-, 42 %)	60	
	<i>Summe Ganzkörperkräfte gesamt</i>		=8,2 × 2,7≈22
	Extrapunkte		
	Seitwärts gehen (6 Schritte, Präzision)		10
	<i>Summe Extrapunkte</i>		10
	Gesamtsumme (Auslastung 64 %)		55
Golf +	Körperhaltung [s]		
	Stehen und Gehen	11,7	0,5
	Nach vorn gebeugt (20-60°)	14,6	11,1
	<i>Summe Körperhaltung symmetrisch</i>		11,6
	Erweiterte Reichweite 80 %	14,6	3 × 2
	<i>Summe Körperhaltung asymmetrisch</i>		6
	<i>Summe Körperhaltung gesamt</i>		≈18
	Ganzkörperkräfte [N]		
	Hutmutter lösen 1x (A+; 29 %)	50	(4,4 × 1 + 4,4 × 1 + 10,7 × 3)/5 = 8,2 5 × dynamisch: 2,7
	Hutmutter abschrauben 1x (A+; 29 %)	50	
	Steuergerät festschrauben 3x (A-; 42 %)	60	
	<i>Summe Ganzkörperkräfte gesamt</i>		=8,2 × 2,7≈22
	Extrapunkte		
	Seitwärts gehen (6 Schritte, Präzision)		10
	<i>Summe Extrapunkte</i>		10
	Gesamtsumme (Auslastung 36 %)		50
Golf / Golf +	Bewertung des Gesamtkörpers	64:36	≈53,5

In Tabelle 5 wurden in Szenario 0 identifizierte Fehlerarten dargestellt. Für jede Fehlerart existiert eine individuelle Nacharbeitszeit. Dies bedeutet, dass jede Fehlerart mehr oder minder leicht oder schwer zu beheben ist. Laut einer ersten Datenauswertung wies insbesondere die Verschraubung des Steuergeräts eine hohe Fehlerrate auf (s. Anhang C). Dies lässt vermuten, dass dieses erhöhte Fehleraufkommen durch die vorab beschriebene Präzisionsarbeit in gebeugter und geneigter Körperhaltung sowie dem stetigen Mitlaufen (seitwärts) an einer fahrenden Karosse verursacht wurde. Von Interesse ist nun, ob eine arbeitsgestalterische Maßnahme eine Änderung der Fehlerhäufigkeit hervorrief. Die Fehlerbehebung der ausgewiesenen Fehlerarten ist mit hohen Nacharbeitszeiten verbunden. Dies lässt auf eine sehr komplexe Behebung des Fehlers schließen und impliziert nach Dauer und Häufigkeit ein hohes Einsparungspotenzial für das Unternehmen.

Tabelle 5: Identifikation von Fehlerarten und deren Nacharbeitszeit bei der Montage des Steuergeräts (eigene Darstellung nach Volkswagen AG, 2012g)

Fehlerart	Nacharbeitszeit [min]
Steuergerät Verschraubung n. i. O. (z. B. Schraube schief angesetzt)	60
Steuergerät lose (z. B. Schraube nicht fest angezogen)	55
Steuergerät beschädigt (z. B. defekte Sensoren oder Kondensatoren)	55

Der durchschnittliche Fehlzeitenstand im betrachteten Zeitraum wies eine Abweichung von 0,9 % vom unternehmerischen Zielwert aus. Monetär entspricht dies unter Berücksichtigung der Drittelung nach arbeitsabhängigen, arbeitsunabhängigen und motivationsbedingten Effekten und der alleinigen Berücksichtigung des Faktors Arbeit einen Kostenwert von etwa 540.000 €. Die Auswertung erfolgte auf Teamebene über alle Schichten als Durchschnittswert. Auf Arbeitsplatzebene ist eine Auswertung nicht möglich, da aus Datenschutzgründen eine größere Anzahl an Mitarbeitern zu betrachten ist. Demzufolge kann in diesem Fall keine eindeutige Aussage auf Arbeitsplatzniveau getroffen werden.

Infolge der Gestaltungsbedingungen des Arbeitsplatzes ist es für den einen oder anderen Mitarbeiter schwierig die jeweiligen Arbeitstätigkeiten zu verrichten. Im betrachteten Zeitraum waren sieben bis acht Mitarbeiter mit Tätigkeitseinschränkungen im Team eingesetzt (Volkswagen AG, 2013b). In Tabelle 6 sind jene Tätigkeitseinschränkungen beschrieben, welche es einem leistungsgewandelten Mitarbeiter nicht ermöglichen, in den hier ausgewählten Arbeitsplatz eingesetzt zu werden. Die verwendeten Codes wurden seitens Gesundheitswesen den jeweiligen Tätigkeitseinschränkungen zugeordnet.

Tabelle 6: Auftretende Tätigkeitseinschränkungen bei der Montage des Steuergeräts ohne ergonomisches Hilfsmittel – nach Szenario 0 (Volkswagen AG, 2012d)

Code	Beschreibung der Tätigkeitseinschränkungen
A1	Am Arbeitsplatz kann nicht überwiegend in sitzender Körperhaltung gearbeitet werden.
A2	Am Arbeitsplatz besteht keine Gelegenheit zum Sitzen.
A3	Am Arbeitsplatz kann nicht in wechselnder Körperhaltung gearbeitet werden (z. B. nur stehende, gehende und sitzende Tätigkeiten).
A4	Der Anteil der täglichen Arbeitszeit, der auf das Gehen entfällt, liegt über 30 %.
D1	Die Anteile der täglichen Arbeitszeit, die auf das Beugen (20-60°) bzw. Bücken entfallen, liegen einzeln (Beugen 20 % und Bücken 10 %) und / oder zusammen oberhalb der genannten Prozentwerte.

Nach Aufnahme der Ausgangssituation ist der Arbeitsplatz als ergonomisch kritisch einzustufen. Im Folgenden erfolgt eine Beurteilung des Arbeitsplatzes nach der Umsetzung einer ergonomischen Maßnahme.

Maßnahme 1 - Szenario 1

Zum Jahreswechsel 2011 / 2012 wurden in der untersuchten Montagelinie mehrere Werkermitfahrbänder (s. Abbildung 25, linkes Bild) verbaut. Diese ermöglichen es den Mitarbeitern, stehend zu arbeiten, so dass ein Mitlaufen an der fahrenden Karosse nicht notwendig ist. Das Werkermitfahrband bietet eine stabile und sichere Plattform. Aufgrund der Bandbreite von 1 m wird zugleich der arbeitsschutzbedingte Abstand zwischen Karosserie und Materialstreifen sichergestellt. Die Mitfahrbänder bestehen aus Kunststoff-Modulbändern. So können verschlissene oder beschädigte Elemente leicht ausgetauscht werden. In Arbeitsplatz 1 wurden ebenfalls zwei Bänder verbaut. Ergänzt werden diese Modulbänder durch Holz-Podeste, sogenannte Dummys (s. Abbildung 25, rechtes Bild). Der Verbau der Mitfahrbänder am Arbeitsplatz 1 wird in der weiteren Betrachtung unter Szenario 1 erfasst. Im Szenario 1 wird ebenfalls noch das Golf VG produziert.



Abbildung 25: Werkermitfahrbänder (linkes Bild: unterschiedliche Verbauweise der Bänder, rechtes Bild: Kunststoff-Modulband mit Holzpodesten)

Eine zeitliche Veränderung wird durch den Einsatz der Werkermitfahrbänder nicht bewirkt (s. Tabelle 7), da die Geschwindigkeit des Mitfahrbandes gleich der Bewegungsgeschwindigkeit der Fertigungsline ist. Eine Auswirkung auf die F-Zeit ist weder im positiven noch im negativen Ausmaß festzustellen. In folgender Tabelle sind die jeweiligen F-Zeiten sowohl für das Golf VG und den Golf + aus Szenario 0 sowie Szenario 1 in einer Vorher-Nachher-Gegenüberstellung abgebildet. Die Tätigkeiten und deren Abfolge sind unverändert. Demnach ergibt ein Abgleich beider Situationen keine erkennbare Beeinflussung der F-Zeit durch die Maßnahmenumsetzung.

Tabelle 7: Vergleich der Fertigungszeit bei der Montage des Steuergeräts vor und nach Verbau der Werkermitfahrbänder – nach Szenario 1 (eigene Darstellung und Auswertung nach Volkswagen AG, 2012d)

Nr.	Arbeitsfolge	Ø F-Zeit [s]				Δ F-Zeit
		Szenario 0		Szenario 1		Szenarien 0-1
		Golf VG	Golf +	Golf VG	Golf +	Golf VG & Golf +
1	Weg zum Regal	2,3	1,8	2,3	1,8	0
2	Weg vom Regal zum nächsten Fahrzeug	2,1	1,6	2,1	1,6	0
3	Montageanweisung lesen	0,3	0,3	0,3	0,3	0
4	Hutmutter mit Schrauber lösen	2,4	1,8	2,4	1,8	0
5	Verdrehschutz auf Massebolzen	1,1	0,9	1,1	0,9	0
6	Hutmutter auf Stehbolzen heften	1,1	0,9	1,1	0,9	0
7	1x Hutmutter mittels Akkuschrauber abschrauben	2,5	2	2,5	2	0
8	Weg zum Regal: Steuergerät holen und zurück	2,1	1,6	2,1	1,6	0
9	Steuergerät auf 3 Stehbolzen heften	4,8	3,7	4,8	3,7	0
10	Weg zum Köcher und zurück	3,1	2,4	3,1	2,4	0
11	Steuergerät 3 x festschrauben	7,1	5,5	7,1	5,5	0
12	Materialschütze auffüllen	1,6	1,3	1,6	1,3	0
	F-Zeit [s]	30,5	23,8	30,5	23,8	0
	Taktausgleichzeit [s]	3,7	2,8	3,7	2,8	0
	Summe (Taktzeit 60,8 s)	34,2	26,6	34,2	26,6	0

Wie in anschließender Tabelle 8 deutlich wird, verändert sich die Risikobeurteilung dahin, dass keine Extrapunkte in die Bewertung einfließen. Der Mitarbeiter steht auf einem Gummi-Mitfahrband, so dass während der Ausführung der Arbeitstätigkeiten das Mitlaufen entfällt. Dies stellt eine Belastungsmin- derung für den Mitarbeiter dar. Resultat der Maßnahmenrealisierung ist, dass sich der kritische Ar- beitsplatz des Steuergeräts durch die Modernisierung der Montagelinie infolge der Verwendung von Werkermitfahrbändern in einen ergonomisch weniger ungünstigen Arbeitsplatz wandelt. Die Ergono- miepunkte konnten demzufolge von Szenario 0 zu Szenario 1 um zirka 19 % verringert werden.

Tabelle 8: Ergonomiebewertung zur Montage des Steuergeräts nach Verbau der Werkermitfahrbänder – nach Szenario 1 (eigene Bewertung nach Volkswagen AG, 2012d)

Modell	Analyse	Zeitanteil [s] oder Kraft [N]	Punkte
Golf VG	Körperhaltung [s]		
	Stehen und Gehen	15	0,9
	Nach vorn gebeugt (20-60°)	18,7	16,1
	<i>Summe Körperhaltung symmetrisch</i>		17
	Erweiterte Reichweite 80 %	18,7	3 × 2
	<i>Summe Körperhaltung asymmetrisch</i>		6
	<i>Summe Körperhaltung gesamt</i>		≈23
	Ganzkörperkräfte [N]		
	Hutmutter lösen 1x (A+; 29 %)	50	(4,4 × 1 + 4,4 × 1 + 10,7 × 3)/5 = 8,2 5 × dynamisch: 2,7
	Hutmutter abschrauben 1x (A+; 29 %)	50	
	Steuergerät festschrauben 3x (A-; 42 %)	60	
	<i>Summe Ganzkörperkräfte gesamt</i>		=8,2 × 2,7≈22
	Gesamtsumme (Auslastung 64 %)		45
Golf +	Körperhaltung [s]		
	Stehen und Gehen	11,7	0,5
	Nach vorn gebeugt (20-60°)	14,6	11,1
	<i>Summe Körperhaltung symmetrisch</i>		11,6
	Erweiterte Reichweite 80 %	14,6	3 × 2
	<i>Summe Körperhaltung asymmetrisch</i>		6
	<i>Summe Körperhaltung gesamt</i>		≈18
	Ganzkörperkräfte [N]		
	Hutmutter lösen 1x (A+; 29 %)	50	(4,4 × 1 + 4,4 × 1 + 10,7 × 3)/5 = 8,2 5 × dynamisch: 2,7
	Hutmutter abschrauben 1x (A+; 29 %)	50	
	Steuergerät festschrauben 3x (A-; 42 %)	60	
	<i>Summe Ganzkörperkräfte gesamt</i>		=8,2 × 2,7≈22
	Gesamtsumme (Auslastung 36 %)		40
Golf / Golf +	Bewertung des Gesamtkörpers	64:36	≈43,5

Der Vergleich der Anzahl der Fehler erfolgte im Szenario 1 jeweils fünf Monate vor und nach der Installation der Mitfahrbänder. Tabelle 9 listet die Fehler nach Art und Veränderung der Häufigkeit ihres Auftretens auf. Wie vermutet, konnte durch Realisierung der Maßnahme eine Vielzahl an Fehlern reduziert werden, so dass nicht nur die Qualität verbessert, sondern ebenfalls die mit der Fehlerhäufigkeit verbundene Nacharbeitszeit reduziert werden konnte. Besonders deutlich wird dies in der Fehlerkategorie n. i. O.-Verschraubung, welche sich in der Häufigkeit um zirka 48 % verringerte. Insgesamt

konnte die Fehlerhäufigkeit durch den Einsatz der Mitfahrbänder um zirka 47 % reduziert werden. Grund für die Abweichung von 1 % sind die gleichbleibenden Fehlerhäufigkeiten der beiden anderen Fehlerkategorien.

Tabelle 9: Vergleich der Fehlerhäufigkeit bei der Montage des Steuergeräts vor und nach Verbau der Werkermitfahrbänder mit der dazugehörigen Nacharbeitszeit – nach Szenario 1 (eigene Darstellung nach Volkswagen AG, 2012g; eigene Auswertung nach Volkswagen AG, 2012h)

Fehlerart	Nacharbeitszeit [min]	Δ Fehleranzahl [#]
Steuergerät Verschraubung n. i. O. (z. B. Schraube schief angesetzt)	60	-318
Steuergerät lose (z. B. Schraube nicht fest angezogen)	55	0
Steuergerät beschädigt (z. B. defekte Sensoren und Kondensatoren)	55	0

Der durchschnittliche Fehlzeitenstand verringerte sich im Vergleich zum vorher betrachteten Zeitraum um 0,7 % und entspricht, bezogen auf arbeitsabhängige Abwesenheiten, einer Ersparnis von 420.000 €. Diese könnte u. a. mit dem Verbau der Werkermitfahrbänder in Verbindung stehen. Für den Betrachtungszeitraum betragen die fehlzeitenbedingten Kosten nun somit 120.000 €. Die Ermittlung eines konkreten Wertes auf Arbeitsebene stellte sich jedoch aufgrund der übermittelten Daten auf Teamebene (Summe aller drei Schichten) als schwierig heraus. Die Aussagekraft eines veränderten Fehlzeitenstandes nach Umsetzung der Maßnahme ist somit begrenzt. Dies liegt einerseits an der Anzahl der Arbeitsplätze, welche einem Team zugehörig sind, und andererseits an den externen Einflussfaktoren, die auf den Mitarbeiter und den entsprechenden Fehlzeiten wirken. Grund für die Erfassung der Daten auf Teamebene ist auch hier, dass bei einer Erhebung auf Arbeitsplatzniveau mitarbeiterbezogene Daten nicht geschützt werden können.

Durch den Einsatz der Werkermitfahrbänder entfällt im Arbeitsplatzprofil das permanente Mitlaufen an der fahrenden Karosse (ohne lange / häufige Gehstrecken, A4) (s. Tabelle 10). Dies bedeutet, dass auch Mitarbeiter, welche diesbezüglich eine gesundheitliche Tätigkeitseinschränkung besitzen, an diesem Arbeitsplatz eingesetzt werden können. Im untersuchten Zeitraum wurde kein verstärkter Einsatz dieser Mitarbeiter im Team beobachtet (Volkswagen AG, 2013b).

Tabelle 10: Auftretende Tätigkeitseinschränkungen bei der Montage des Steuergeräts nach Verbau der Werkermitfahrbänder – nach Szenario 1 (eigene Darstellung nach Volkswagen AG, 2012d)

Code	Beschreibung der Tätigkeitseinschränkungen
A1	Am Arbeitsplatz kann nicht überwiegend in sitzender Körperhaltung gearbeitet werden.
A2	Am Arbeitsplatz besteht keine Gelegenheit zum Sitzen.
A3	Am Arbeitsplatz kann nicht in wechselnder Körperhaltung gearbeitet werden (z. B. nur stehende, gehende und sitzende Tätigkeiten).
D1	Die Anteile der täglichen Arbeitszeit, die auf das Beugen (20-60°) bzw. Bücken entfallen, liegen einzeln (Beugen 20 % und Bücken 10 %) und / oder zusammen oberhalb der genannten Prozentwerte.

Zusammenfassende Darstellung der Teilergebnisse

In Tabelle 11 werden zusammenfassend die Wirkungseffekte durch die Umsetzung der ergonomischen Maßnahme dargestellt. Der Verbau der Mitfahrbänder bewirkte ein Wegfall der Extrapunkte. Hierdurch kann der Mitarbeiter zukünftig seine Arbeitstätigkeiten stehend ausführen. Bezogen auf die F-Zeit ist keine Veränderung erkennbar, da die Taktzeit bzw. -geschwindigkeit gleich bleibt. Es zeigt sich, dass durch die stehende Ausführung der Tätigkeiten ein präziseres Arbeiten mit einer geringeren Fehleranzahl erreicht werden konnte. Dies wirkt sich zudem auf das Arbeitsplatzprofil aus, da nun Mitarbeiter mit der Tätigkeitseinschränkung A4 (lange / häufige Gehstrecken) das Steuergerät schädigungsfrei verbauen können. Das Treffen einer Aussage hinsichtlich einer Verringerung des Fehlzeitenstandes oder einer verbesserten Personaleinsatzplanung von leistungsgewandelten Mitarbeitern ist nicht möglich.

Tabelle 11: Kennzahlenbezogene Wirkung bei der Montage des Steuergeräts durch Verbau der Werkermitfahrbänder (Verbesserung ↑, unverändert →, Verschlechterung ↓)

	Szenario 0 - ohne Hilfsmittel	Szenario 1 - mit Werkmitfahrbändern
Ergonomie	<ul style="list-style-type: none"> -Stehen und Gehen -Gebeugte Körperhaltung -Erweiterte Reichweite -Aktionskräfte -Seitwärts Mitlaufen bei Präzisionsarbeit → 53,5 Ergonomiepunkte	<ul style="list-style-type: none"> -Stehen und Gehen -Gebeugte Körperhaltung -Erweiterte Reichweite -Aktionskräfte -Entfallen der Extrapunkte, da die Werkermitfahrbänder das Mitlaufen ersetzen → 43,5 Ergonomiepunkte
F-Zeit	Golf VG 30,5 s Golf + 23,8 s	Keine Veränderung
Qualität (Nacharbeit)	<ul style="list-style-type: none"> -Verschraubung n. i. O. á 60 min -Steuergerät lose á 55 min -Steuergerät beschädigt á 55 min 	-318 Fehler á 60 min
Mitarbeiter	Tätigkeitseinschränkungen A1, A2, A3, A4 und D1	Tätigkeitseinschränkung A4 (lange / häufige Gehstrecken) entfällt

Maßnahme 2 - Szenario 2

In Szenario 2 wurde infolge des Modellwechsels ein ergonomischer Montagesitz (s. Abbildung 26, linkes Bild) beschafft und am Arbeitsplatz 1 aufgebaut. Bei dem ergonomischen Montagesitz handelt es sich um ein taktgebundenes Betriebsmittel, welches decken- oder bodengeführt ist und innerhalb der Grenzen des Arbeitsbereichs eingesetzt werden kann. Das Standardsystem ist mit und ohne Höhenverstellung verfügbar, so dass sowohl ein Einsatz im Schubskid- und Plattenband, in der Gehängefertigung als auch in Vormontagearbeitsplätzen realisierbar ist. Die Höhenverstellung erfolgt mühelos über Druckluft. Der Mitarbeiter kann seine Arbeitstätigkeit sitzend und mit abgestütztem Rücken ausführen. Das ergonomische Montagesitz-System ist flexibel aufbaubar und erweiterbar, so dass die Möglichkeit besteht, individuelle und prozessorientierte Lösungen kurzfristig umzusetzen. Dies zeichnet sich insbesondere in einer einfachen Bedienung, der Bereitstellung von Bauteilen und Hilfsmitteln, barrierefreiem Arbeiten und flexiblen Nutzungsmöglichkeiten aus (Volkswagen AG, 2012i, S. 128 ff.). Demzufolge werden am Sitz zusätzlich das Material und notwendige Werkzeuge bereitgestellt, so dass eine ständige Beschaffung des Materials sowie ergonomisch ungünstige Körperhaltungen nicht erforderlich sind.

Laut der Volkswagen AG (2012i, S. 129) gilt, dass zum Schutz vor Schäden am Produkt Komponenten des ergonomischen Montagesitz-Systems mit Berührungspotential zu Mitarbeitern oder Karossen in den kritischen Bereichen ausreichend abgesichert werden müssen. Seitens Mitarbeiter wird der Montagesitz inzwischen als gängiges Hilfsmittel zur Erleichterung der Arbeitstätigkeit akzeptiert und ist laut Betriebsrat ein Muss für die Belastungsreduzierung bei einer zunehmend im Ein-Minutentakt geforderten Produktion und stetig steigenden Stückzahlen. Das Nachfolgermodell der 7. Generation wird im Folgenden als Golf NF bezeichnet.

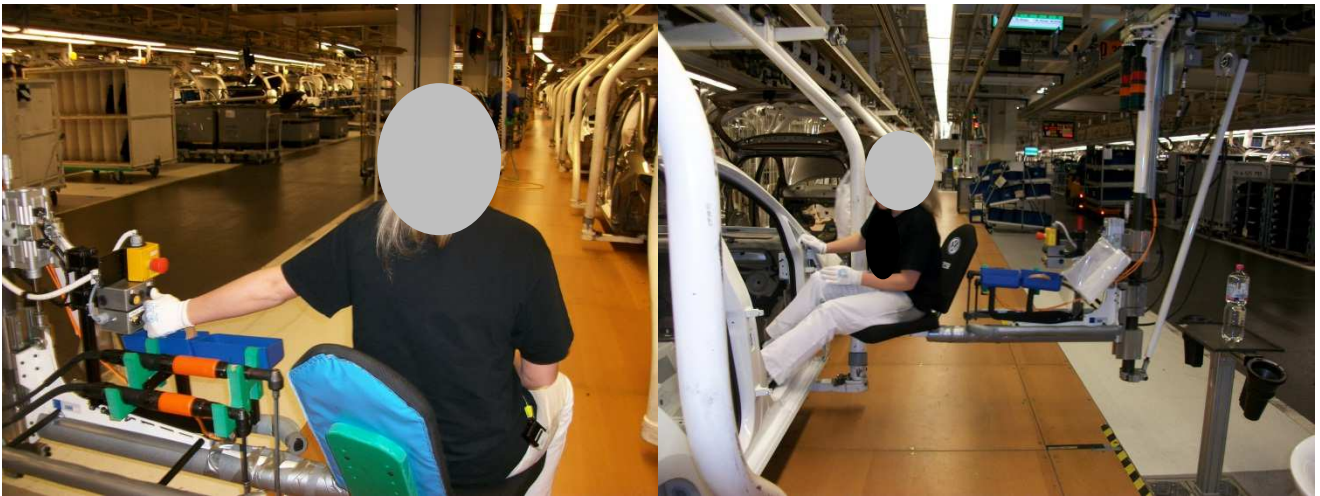


Abbildung 26: Einsatz und Verwendung des ergonomischen Montagesitzes am Arbeitsplatz (linkes Bild: ergonomischer Montagesitz, rechtes Bild: Einfahren in die Karosse mithilfe des Montagesitzes)

Der Montageprozess wurde im Zuge weiterer Optimierungsmaßnahmen verschlankt (s. Tabelle 12). Dennoch ermöglicht der Einsatz des Sitzes die Reduzierung weiterer Arbeitsumfänge und die effiziente Nutzung des Supermarkts zur sequenzierten Materialbeschaffung. Zum Beispiel entfällt das Auffüllen der Materialschürze, da das Material am ergonomischen Montagesitz bereitgestellt wird. Daher wurden nur Zeiten in den Vergleich der F-Zeiten einbezogen, welche ausgehend von Szenario 1 mit Szenario 2 gegenübergestellt werden konnten. Ein Vergleich fand dabei zwischen Golf VG und Golf + sowie Golf NF und Golf + statt. Infolge der zusätzlichen Prozessoptimierung war anhand des Montagesitzes keine F-Zeit-Optimierung abzuleiten. Im Gegenteil sind unter Verwendung des ergonomischen Montagesitzes zusätzlich 4,7 s F-Zeit notwendig. Gründe hierfür sind im Vergleich zu Szenario 1 das Ein- und Ausfahren aus der Karosse (s. Abbildung 26, rechtes Bild).

Tabelle 12: Vergleich der Fertigungszeit bei der Montage des Steuergeräts ohne / mit ergonomischen Montagesitz – nach Szenario 2 (eigene Darstellung nach Volkswagen AG, 2012d; eigene Auswertung nach Volkswagen AG, 2013c)

Nr.	Arbeitsfolge	Ø F-Zeit [s]				Δ F-Zeit [s]	
		Szenario 1		Szenario 2		Szenarien 1-2	
		Golf VG	Golf +	Golf NF	Golf +	Golf	Golf +
1	Weg zum Regal	2,3	1,8			-2,3	-1,8
2	Weg vom Regal zum nächsten Fahrzeug	2,1	1,6	3,5	2	1,4	0,4
3	Montageanweisung lesen	0,3	0,3	0,4	0,2	0,1	-0,1
4	Hutmutter mit Schrauber lösen	2,4	1,8				
5	Verdrehschutz auf Massebolzen	1,1	0,9				
6	Hutmutter auf Stehbolzen heften	1,1	0,9				
7	1x Hutmutter mittels Akkuschrauber abschrauben	2,5	2				
8	Weg zum Regal: Steuergerät holen und zurück	2,1	1,6			-2,1	-1,6
8a	Mit Montagsitz in Karosse			3,7	2,1	3,7	2,1
8b	Mit Montagesitz über Tunnel fahren			4,6	2,6	4,6	2,6
9	Steuergerät auf drei Stehbolzen heften	4,8	3,7				
10	Weg zum Köcher und zurück	3,1	2,4			-3,1	-2,4
11	Steuergerät auf Tunnel vorn 3 x verschrauben	7,1	5,5	9,3	4,6	2,2	-0,9
12	Materialschürze auffüllen	1,6	1,3			-1,6	-1,3
12a	Mit Montagesitz aus Karosse rausfahren			3,1	1,7	3,1	1,7
	F-Zeit [s]	18,6	14,5	24,6	13,2	6	-1,3
	Taktausgleichzeit [s]	15,6	12,1	12,9	10,1	-2,7	-2
	Summe (Taktzeit 60,8 s)	34,2	26,6	37,5	23,3	4,7	

Aus rein ergonomischer Sicht lässt sich bereits im Vorhinein eine Belastungsreduzierung für den Mitarbeiter vermuten: Mit dem ergonomischen Montagesitz wird in die Karosse eingefahren und das Steuergerät im Sitzen aufrecht verschraubt (s. Abbildung 27, linkes Bild). Dabei werden leichte Neigungen nach vorn und hinten zugelassen. Der Sitz mit Lehne sorgt für eine zusätzliche Unterstützung in der Lendenwirbelsäule während der Ausführung der Arbeitstätigkeit. Durch die Verwendung des Sitzes werden die Zeitanteile, in welcher in gebeugter Körperhaltung gearbeitet wird, deutlich minimiert. Die Montage im Sitzen mit Unterstützung des Rückens stellt dabei eine bedeutende ergonomi-

sche Verbesserung dar. Zudem wurde der bisherige Winkelschrauber durch einen Electrically Commutated (EC)¹⁵-Schrauber ersetzt, welcher durch seine unabhängigen Drehsensoren und Drehwinkel-momente Stabilität sowie Sicherheit im Prozess und in der Produktqualität bewirkt (DWT, 2013).



Abbildung 27: Montage des Steuergeräts mit ergonomischen Montagesitz und der Verwendung eines EC-Schraubers (linkes Bild: sitzende Schraubtätigkeit aufgrund des Montagesitzes, rechtes Bild: Verschraubung mit EC-Schrauber)

In Tabelle 13 ist zu erkennen, dass durch den Einsatz des ergonomischen Montagesitzes im Vergleich zu Szenario 1 die Ergonomiepunkte um zirka 91 % verringert wurden. Die sitzende Tätigkeit entspricht dabei der Grundkörperhaltung des Mitarbeiters. Demnach führte die ergonomische Arbeitsplatzgestaltung zu einem guten Arbeitsplatz mit geringer Belastung für den Mitarbeiter. Durch die Ausführung der Arbeitstätigkeit in einer aufrechten Sitzposition konnten die Montage-tätigkeiten für den Mitarbeiter deutlich angenehmer gestaltet werden. Durch das beidhändige Verschrauben war ebenfalls eine Verringerung der aufzubringenden Kräfte während des Schraubprozesses des Steuergeräts möglich (s. Abbildung 27, rechtes Bild). Das Ein- und Ausfahren in bzw. aus der Karosserie wurde nicht bewertet, da einerseits der notwendige Kraftaufwand gering einzuschätzen ist und andererseits die methodische Bewertung der unteren Extremitäten, z. B. das Heben der Beine, bisher wissenschaftlich nicht definiert ist.

¹⁵ Der Schrauber gibt den Mitarbeiter ein Signal, ob die Verschraubung korrekt erfolgt ist oder Handlungsbedarf besteht.

Tabelle 13: Ergonomiebewertung zur Montage des Steuergeräts mit ergonomischen Montagesitz und EC-Schrauber – nach Szenario 2 (eigene Bewertung nach Volkswagen AG, 2013c)

Modell	Analyse	Zeitanteil in [s] oder Kraft [N]	Punkte
Golf NF	Körperhaltung in [s]		
	Stehen und Gehen		
	Sitzen aufrecht mit Rückenlehne	37	1,4
	<i>Summe Körperhaltung symmetrisch</i>		1,4
	Erweiterte Reichweite 60 %	9,2	1 × 1,4
	<i>Summe Körperhaltung asymmetrisch</i>		1,4
	<i>Summe Körperhaltung gesamt</i>		≈3
	Ganzkörperkräfte in [N]		
	Steuergerät festschrauben 3x (A-; 17,5 %)	50	Kraftlevel 17,5 %: 0,3 3 × dynamisch: 2
	<i>Summe Ganzkörperkräfte gesamt</i>		=0,3 × 2 ≈1
	Gesamtsumme (Auslastung 64 %)		4
Golf +	Körperhaltung in [s]		
	Stehen und Gehen		
	Sitzen aufrecht mit Rückenlehne	23	0,7
	<i>Summe Körperhaltung symmetrisch</i>		0,7
	Erweiterte Reichweite 60 %	4,5	1 × 1
	<i>Summe Körperhaltung asymmetrisch</i>		1
	<i>Summe Körperhaltung gesamt</i>		≈2
	Ganzkörperkräfte in [N]		
	Steuergerät festschrauben 3x (A-; 17,5 %)	50	Kraftlevel 17,5 %: 0,3 3 × dynamisch: 2
	<i>Summe Ganzkörperkräfte gesamt</i>		=0,3 × 2 ≈1
	Gesamtsumme (Auslastung 36 %)		3
Golf / Golf +	Bewertung des Gesamtkörpers	64:36	≈4

Im Rahmen der Untersuchung der Nacharbeitsdaten wurden wie im vorherigen Beispiel Zeiträume von jeweils fünf Monaten vor und nach Umbau der Montagelinie bzw. Realisierung der Maßnahme herangezogen. Der Umbau erfolgte, wie bereits in der Ausgangssituation erläutert, während des Produktionsprozesses. D. h. es wurde weder der Produktionsprozess eingestellt noch die produzierte Stückzahl reduziert. Am Beispiel des Steuergeräts ergab sich eine weitere Fehlerreduzierung von zirka 73 %. Jeder Fehler wurde je nach Aufwand mit einer differenzierten Nacharbeitszeit bewertet. Tabelle 14 listet die nach Gesprächen mit Fertigungsabschnittsleiter und Qualitätsbeauftragten identifizierten Fehler auf. Besonders auffällig war dabei die weitere Verminderung der Fehlerhäufigkeiten bezüglich der n. i. O.-Verschraubung (100 %) und des losen Bauteils (zirka 43 %). Das Verschrauben von oben in

einer verringerten Reichweite und die eigene Kontrollfunktion des Schraubers gewährleisten eine qualitative Verbesserung im Hinblick der Passgenauigkeit beim Ansetzen des Schraubers und eines korrekten Schraubprozesses. Hinzu kamen im geringen Umfang auch neue Fehlerarten, wie nicht gesteckte oder verrastete Bauteile. Diese könnten im Zusammenhang mit Produktänderungen oder der „on-the-job“-Qualifizierung stehen. Die Häufigkeit der beschädigten Bauteile blieb trotz Verwendung des Sitzes unverändert.

Tabelle 14: Veränderung der Fehlerhäufigkeit bei der Montage des Steuergeräts im Vergleich vor und nach Einsatz des Montagesitzes – nach Szenario 2 (eigene Darstellung nach Volkswagen AG, 2012g; eigene Auswertung nach Volkswagen AG, 2013d)

Fehlerart	Nacharbeitszeit [min]	Δ Fehleranzahl [#]
Steuergerät Verschraubung n. i. O. (z. B. Schraube schief angesetzt)	60	-196
Steuergerät lose (z. B. Schraube nicht fest angezogen)	55	-55
Steuergerät beschädigt (z. B. defekte Sensoren und Kondensatoren)	55	0
Steuergerät nicht gesteckt (z. B. durch Blindverbau)	55	+13
Steuergerät nicht verrastet (z. B. durch Blindverbau)	55	+1

In Szenario 2 kann keine Aussage hinsichtlich einer Beeinflussung des Fehlzeitenstandes durch Einsatz des ergonomischen Montagesitzes getroffen werden. Anhand der vorliegenden Daten war eine deutlich erhöhte Abweichung des Fehlzeitenstandes von 2 % erkennbar. Im Vergleich zum Szenario 1 hat sich die Abweichung sogar um 1,1 % erhöht, so dass hier mit Blick auf den Fehlzeitenstand sogar Mehrkosten in Höhe von 660.000 € entstanden sind. Dies ließe sich gegebenenfalls durch die winterliche Jahreszeit und dazugehörige Erkältungs- und Grippewellen erklären. Demzufolge beträgt der Verlust aufgrund des Fehlzeitenstandes im zweiten Szenario 1,2 Mio. €. Hier zeigt sich wiederholt die Schwierigkeit, den Fehlzeitenstand in eine betriebswirtschaftliche Betrachtung einzubeziehen.

Durch Einsatz des Montagesitzes entspricht die Montage des Steuergeräts einem Sitzarbeitsplatz, so dass die Tätigkeitseinschränkungen A1 (vorwiegend sitzend) und A2 (mit Gelegenheit zum Sitzen) entfallen. Ebenso erübrigt sich der Anteil an gebeugten Tätigkeiten und somit der Tätigkeitseinschränkung D1. Lediglich konnte die Anforderung einer wechselnden Körperhaltung im Szenario 2 nicht realisiert werden (s. Tabelle 15). Wie im vorherigen Beispiel wurden trotz Umsetzung der Maßnahme bisher keine weiteren Mitarbeiter mit Tätigkeitseinschränkungen eingesetzt. Die Anzahl der leistungs-

gewandelten Mitarbeiter im Team, welches mehrere Arbeitsplätze betreut, sank sogar auf vier bis fünf Mitarbeiter, so dass ein positiver Effekt der ergonomischen Maßnahme nicht nachvollziehbar war (Volkswagen AG, 2013b).

Tabelle 15: Auftretende Tätigkeitseinschränkungen bei der Montage des Steuergeräts mit ergonomischen Montagesitz und EC-Schrauber – nach Szenario 2 (eigene Darstellung nach Volkswagen AG, 2013c)

Code	Beschreibung der Tätigkeitseinschränkungen
A3	Am Arbeitsplatz kann nicht in wechselnder Körperhaltung gearbeitet werden (z. B. nur stehende, gehende und sitzende Tätigkeiten).

Zusammenfassende Darstellung der Teilergebnisse

In Tabelle 16 werden die Wirkungseffekte durch die Umsetzung beider ergonomischen Maßnahmen gegenübergestellt. Der Einsatz des ergonomischen Montagesitzes ermöglicht Arbeitstätigkeiten in sitzender Körperhaltung. Hinzu konnten durch eine Optimierung der einzunehmenden Körperhaltung, Reichweiten und Aktionskräfte reduziert werden. Aufgrund des Ein- und Ausfahrens wird mehr F-Zeit benötigt. Jedoch ist die gesamte F-Zeit aufgrund von Prozessoptimierungen gesunken, so dass hier ein weiterer Arbeitsplatz bzw. der Verbau eines weiteren Bauteils integriert werden kann. Zudem wird deutlich, dass durch eine aufrechte Körperhaltung, eine stützende Rückenlehne und eine geringere Reichweite die Fehleranzahl erkennbar verringert wurde. Die ergonomischen Verbesserungen wirken sich zudem auf das Arbeitsplatzprofil aus, in dem nur noch eine Tätigkeitseinschränkung beschrieben ist. Eine beeinflussende Wirkung auf Fehlzeitenstand und ein verstärkter Einsatz leistungsgewandelter Mitarbeiter konnte trotz Umsetzung der Maßnahme nicht festgestellt werden.

Tabelle 16: Kennzahlenbezogene Wirkung bei der Montage des Steuergeräts durch Einsatz des ergonomischen Montagesitzes und EC-Schrauber (Verbesserung ↑, unverändert →, Verschlechterung ↓)

	Szenario 0 - ohne Hilfsmittel	Szenario 1 - mit Werkermitfahrbändern	Szenario 2 - mit ergo- nomischen Montagesitz
Ergonomie	-Stehen und Gehen -Gebeugte Körperhaltung -Erweiterte Reichweite -Aktionskräfte -Seitwärts Mitlaufen bei Präzisionsarbeit → 53,5 Ergonomiepunkte	-Stehen und Gehen -Gebeugte Körperhaltung -Erweiterte Reichweite -Aktionskräfte -Keine Extrapunkte → 43,5 Ergonomiepunkte	-Aufrecht sitzend -Geringere Reichweite -Reduzierte Aktionskräfte -Keine Extrapunkte → 4 Ergonomiepunkte
F-Zeit	Golf VG 30,5 s Golf + 23,8 s	Keine Veränderung	F-Zeit-Anstieg um 4,7 s
Qualität (Nacharbeit)	-Verschraubung n. i. O. á 60 min -Steuergerät lose á 55 min -Steuergerät beschädigt á 55 min	-318 Fehler á 60 min	-196 Fehler á 60 min -55 Fehler á 55 min +Stecker nicht gesteckt: +13 Fehler á 55 min +Stecker nicht verrastet: +1 Fehler á 55 min
Mitarbeiter	Tätigkeitseinschränkungen A1, A2, A3, A4 und D1	Tätigkeitseinschrän- kung A4 entfällt	Entfall der Tätigkeits- einschränkungen A1, A2 und D1

4.4.2. Arbeitsplatz 2 - Montage der Klemmleiste an der A-Säule

Ausgangssituation – Szenario 0

Der zweite Arbeitsplatz beinhaltet die Montage der Klemmleiste im Frontscheibenbereich und befindet sich im gleichen Fertigungsabschnitt wie Arbeitsplatz 1. Für die Montage der Klemmleiste werden zwei Szenarien vorgestellt. Da es sich um die gleiche Montagelinie wie am Arbeitsplatz 1 handelt, werden auch hier die Modelle Golf VG und Golf + gefertigt. In Szenario 0 bleibt die Modellhäufigkeit von Golf VG mit 64 % und Golf + mit 36 % erhalten. Die Taktzeit des Arbeitsplatzes entspricht auch hier der Normzeit von 60,8 s. Die Karosse befindet sich in einem Kettengehänge und wird aus dem Takt des vorgelagerten Arbeitsplatzes in den Montagebereich der Klemmleiste gefahren. Die Aufgabe des Mitar-

beiters besteht darin, zwei Klemmleisten an den jeweiligen A-Säulen zu vernieten. Das Vernieten der Klemmleisten wird im Inneren des Fahrzeugs ausgeführt. In Abbildung 28 ist zu sehen, dass am Arbeitsplatz 2 die definierten Arbeitstätigkeiten für den Mitarbeiter belastend sind. Die Tätigkeiten werden dabei ohne Hilfsmittel im Inneren der Karosse ausgeführt.



Abbildung 28: Montage der Klemmleiste an der A-Säule

Die Arbeitsschritte des Montageumfangs der Klemmleiste sind in Tabelle 17 aufgelistet. Die Zeitbewertung erfolgt durch die Beschreibung der Arbeitsfolgen in Arbeitsplan durch MTM-Bausteine, welche mit der Ergonomiebewertung im System verknüpft sind. Für die Montage der Klemmleiste werden infolge des Modellmixes analog zu Arbeitsplatz 1 verschiedene Häufigkeitsanteile definiert. Demnach beträgt laut MTM-Analyse die F-Zeit für das Golf VG 39 s und für den Golf + 20,1 s. Unter Berücksichtigung der Taktausgleichszeit ermittelt sich anhand dieser Bewertung eine Auslastung von 97 %, welche der unternehmerischen Produktivitätsvorgabe entspricht. In dieser Mittelung sind niedrige oder hohe Auslastungen je nach Fahrzeugvariante möglich.

Tabelle 17: Fertigungszeit bei der Montage der Klemmleiste an der A-Säule ohne ergonomisches Hilfsmittel – nach Szenario 0 (eigene Darstellung nach Volkswagen AG, 2013c)

Nr.	Arbeitsfolge	Ø F-Zeit [s]	
		Golf VG	Golf +
1	Weg zur nächsten Karosse	6,7	3,5
2	Montageanweisung lesen	0,4	0,2
3	2 Stück Klemmleisten und Nietpistole aufnehmen	1,6	0,8
4	ins Fahrzeug einsteigen und auf Querträger abstützen	5,1	2,6
5	1. Klemmleiste mit 5 Stück Blindnieten montieren	11,4	5,9
6	zur anderen Seite	0,6	0,3
7	2. Klemmleiste mit 5 Stück Blindnieten montieren	11,4	5,9
8	aus Karosse aussteigen	1,2	0,6
9	Weg zum Köcher (Nieten ablegen)	0,6	0,3
	F-Zeit [s]	39	20,1
	Taktausgleichzeit [s]	1,1	0,6
	Summe (Taktzeit 60,8 s)	40,1	20,7

Bevor der Mitarbeiter mit seinen Arbeitstätigkeiten beginnen kann, muss er in die Karosse einsteigen und nach Verrichtung seiner Aufgaben wieder aus der Karosse aussteigen. Dies stellt eine zusätzliche Erschwernis dar (s. Abbildung 29, linkes Bild). Um einen sicheren Stand zu erhalten, setzen sich die Mitarbeiter auf den Querträger (Scheibenwischerbereich). Dies wird jedoch nicht als adäquate Abstützung nach EAWS (Zeile 2) bewertet. Des Weiteren wird die Montage in vorwiegend gebeugter Körperhaltung ausgeführt. Zusätzlich sind starke Rumpfdrehungen sowie erweiterte Reichweiten erforderlich (s. Abbildung 29, rechtes Bild).



Abbildung 29: Montage der Klemmleiste an der A-Säule ohne ergonomisches Hilfsmittel (linkes Bild: Einsteigen in Karosserie, rechtes Bild: Vernieten der Klemmleiste)

Die ergonomische Analyse weist unter Berücksichtigung des Mix-Verhältnisses aus Golf VG und Golf + hohe Belastungen für den Mitarbeiter aus. Gründe hierfür sind zum einen die vorwiegend gebeugte und verdrehte Körperhaltung sowie erweiterte Reichweiten. Hinzu kommen die aufzubringenden Aktionskräfte für das 10-malige Vernieten der Klemmleiste und das notwendige Ein- und Aussteigen (s. Tabelle 18).

Tabelle 18: Ergonomiebewertung zur Montage der Klemmleiste an der A-Säule ohne ergonomisches Hilfsmittel – nach Szenario 0 (eigene Bewertung nach Volkswagen AG, 2013c)

Modell	Analyse	Zeitanteil [s] oder Kraft [N]	Punkte
Golf VG	Körperhaltung [s]		
	Stehen und Gehen	17,1	1
	Nach vorn gebeugt (20-60°)	22,5	19,3
	<i>Summe Körperhaltung symmetrisch</i>		20,3
	Erweiterte Reichweite 80 %	22,5	$3 \times 2 = 6$
	Rumpfdrehung 25°	22,5	$3 \times 3 = 9$
	<i>Summe Körperhaltung asymmetrisch</i>		15
	<i>Summe Körperhaltung gesamt</i>		≈35,5
	Ganzkörperkräfte [N]		
	Vernieten Klemmleisten 2 × 5 Nieten (B-; 23,5 %)	55	Kraftlevel 23,5 %: 2,4 10 × dynamisch: 6,5
	<i>Summe Ganzkörperkräfte gesamt</i>		=2,4 × 6,5 ≈ 16
	Extrapunkte		
	Einsteigen / aussteigen		8
	<i>Summe Extrapunkte</i>		8
	Gesamtsumme (Auslastung 64 %)		≈59,5
Golf +	Körperhaltung [s]		
	Stehen und Gehen	8,8	0
	Nach vorn gebeugt (20-60°)	11,6	9,2
	<i>Summe Körperhaltung symmetrisch</i>		9,2
	Erweiterte Reichweite 80 %	11,6	$3 \times 1,8 = 5,4$
	Rumpfdrehung 25°	11,6	$3 \times 2,8 = 8,4$
	<i>Summe Körperhaltung asymmetrisch</i>		13,8
	<i>Summe Körperhaltung gesamt</i>		≈23
	Ganzkörperkräfte [N]		
	Vernieten Klemmleisten 2 × 5 Nieten (B-; 23,5 %)	55	Kraftlevel 23,5 %: 2,4 10 × dynamisch: 6,5
	<i>Summe Ganzkörperkräfte gesamt</i>		=2,4 × 6,5 ≈ 16
	Extrapunkte		
	Einsteigen / aussteigen		8
	<i>Summe Extrapunkte</i>		8
	Gesamtsumme (Auslastung 36 %)		≈47
Golf / Golf +	Bewertung des Gesamtkörpers	64:36	≈55

Bei der Untersuchung der Qualitätsdaten konnten zwei Fehlerarten identifiziert werden (s. Tabelle 19). Im Vergleich zum ersten Arbeitsplatz fällt hier der zeitliche Nacharbeitsaufwand zur Behebung der Fehler deutlich geringer aus.

Tabelle 19: Identifikation von Fehlerarten und deren Nacharbeitszeit bei der Montage der Klemmleiste an der A-Säule (eigene Darstellung nach Volkswagen AG, 2012g)

Fehlerart	Nacharbeitszeit [min]
Klemmleiste A-Säule Nietverbindung lose	20
Klemmleiste A-Säule beschädigt	10

Die Abweichung des Fehlzeitenstandes in Szenario 0 beträgt 5,6 %. Aus finanzieller Sicht betragen die Kosten aufgrund der Abwesenheit von Mitarbeitern etwa 3,4 Mio. €, insofern dem Fehlzeitenstand arbeitsabhängige Faktoren (33 %) zugrunde gelegt werden. Die genauen Gründe für die Fehlzeiten können analog zu Arbeitsplatz 1 nicht eindeutig abgeleitet werden.

Bei Arbeitsplatz 2 handelt es sich um einen Steharbeitsplatz. Somit kann der Mitarbeiter keine Entlastung durch zusätzliche sitzende Tätigkeiten erfahren. Auch ein Wechsel innerhalb der verschiedenen Körperhaltungen ist nicht gegeben. Die beobachtete Abstützung ist aus ergonomischer Sicht nicht als eine Unterstützung der Montagearbeit zu bewerten. Zudem kommen noch die hohen Anteile an gebeugten und verdrehten Tätigkeiten sowie das Ein- und Aussteigen hinzu, so dass es sich in diesem Fall zukünftig schwierig gestalten wird, ältere und leistungsgewandelte Mitarbeiter einzusetzen. Tabelle 20 fasst die am Arbeitsplatz durch das Gesundheitswesen definierten Tätigkeitseinschränkungen zusammen. Im betrachteten Zeitraum wurden an diesem Arbeitsplatz neun leistungsgewandelte Mitarbeiter eingesetzt (Volkswagen AG, 2013b).

Tabelle 20: Auftretende Tätigkeitseinschränkungen bei der Montage der Klemmleiste an der A-Säule ohne ergonomisches Hilfsmittel – nach Szenario 0 (eigene Darstellung nach Volkswagen AG, 2012d)

Code	Beschreibung der Tätigkeitseinschränkungen
A1	Am Arbeitsplatz kann nicht überwiegend in sitzender Körperhaltung gearbeitet werden.
A2	Am Arbeitsplatz besteht keine Gelegenheit zum Sitzen.
A3	Am Arbeitsplatz kann nicht in wechselnder Körperhaltung gearbeitet werden (z. B. nur stehende, gehende und sitzende Tätigkeiten).
D1	Die Anteile der täglichen Arbeitszeit, die auf das Beugen (20-60°) bzw. Bücken entfallen, liegen einzeln (Beugen 20 % und Bücken 10 %) und / oder zusammen oberhalb der genannten Prozentwerte.
D6	Der Anteil der täglichen Arbeitszeit, in denen in körperlicher Zwangshaltung (Rumpfverdrehung und / oder seitlicher Rumpfnäigung) gearbeitet werden muss, liegt über 5 %.

Die im Beispiel vorgestellte Montage der Klemmleiste ist als ergonomisch kritisch einzustufen und daraufhin hinsichtlich ihres Optimierungspotenzials zu prüfen. Die hohe Belastung liegt insbesondere in der stetig nach vorn gebeugten Körperhaltung sowie der erweiterten Reichweite und starken Verdrehung des Rumpfes. Im Folgenden werden mögliche ergonomische Optimierungen des Arbeitsplatzes unter Verwendung eines Montagesitzes untersucht.

Maßnahme – Szenario 1

Im Zuge des Modellwechsels wurde in Szenario 1 ein ergonomischer Montagesitz (s. Abbildung 30) für den Arbeitsplatz 2 beschafft. Aufgrund der ausführlichen Beschreibung des Sitzes in Arbeitsplatz 1 wird an dieser Stelle auf weitere Ausführungen verzichtet (s. Kapitel 4.4.1, Maßnahme 2).

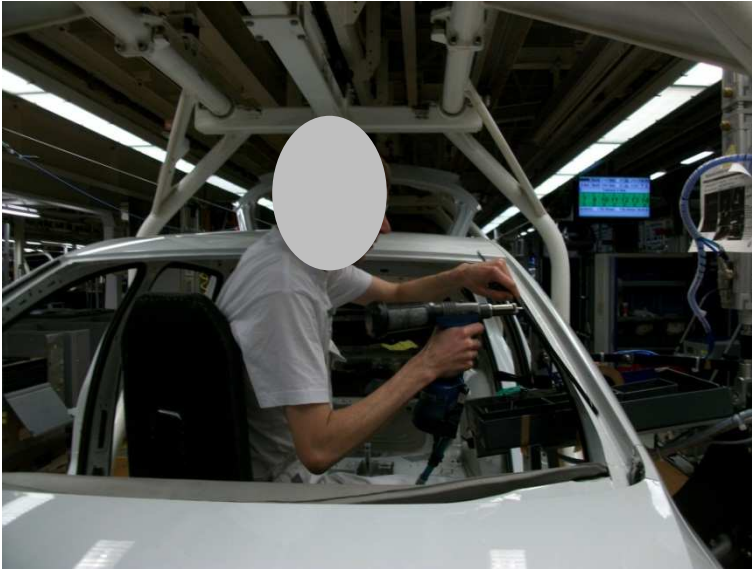


Abbildung 30: Montage der Klemmleiste an der A-Säule mithilfe eines ergonomischen Montagesitzes

Bei der Analyse des Arbeitsplatzes 2 bestand die Herausforderung darin, zu trennen, welche Arbeitstätigkeiten in welchem Takt ausgeführt werden. Aufgrund des Modellwechsels wurde der vorherige Zweitakter – ein Mitarbeiter arbeitet zwei Takte ab – in zwei Eintakter getrennt. Zudem wurde das Golf NF, begründet durch die Anlaufphase, nur zu 54 % in der Montagelinie und der Golf + weiterhin zu 36 % produziert. Daher liegen die aufsummierten F-Zeiten beider Modelle unter der Taktzeit von 60,8 s.

Nach Abgleich der jeweiligen Arbeitsfolgen konnte eine F-Zeit von 1,9 s eingespart werden. Die Auslastung sank infolge eines gering sinkenden Produktionsvolumens, welches zudem die Produktivität negativ beeinflusste. Da der Anlauf der neuen Golf-Generation sogar parallel zur laufenden Produktion stattfand, dürfte sich dieser Effekt nicht erheblich auswirken. In der Gesamtheit kann sogar von einer Produktivitätssteigerung gesprochen werden. Die tabellarische Übersicht (s. Tabelle 21) stellt demnach einen Vergleich von Golf VG und Golf + aus Szenario 0 und Golf NF und Golf + aus Szenario 1 dar. Die Differenzbildung ergibt die F-Zeit-Ersparnis aus beiden Fahrzeugmodellen.

Tabelle 21: Vergleich der Fertigungszeit bei der Montage der Klemmleiste an der A-Säule ohne / mit ergonomischen Montagesitz – nach Szenario 1 (eigene Darstellung nach Volkswagen AG, 2013c)

Nr.	Arbeitsfolge	Ø F-Zeit [s]		Ø F-Zeit [s]		Δ F-Zeit [s]	
		Szenario 0		Szenario 1		Szenarien S0-S1	
		Golf VG	Golf +	Golf NF	Golf +	Golf	Golf +
1	Weg zur nächsten Karosse	6,7	3,5	3	1,7	-3,7	-1,8
2	Montageanweisung lesen	0,4	0,2	0,3	0,1	-0,1	-0,1
3	2 Stück Klemmleisten und Nietpistole aufnehmen	1,6	0,8			-1,6	-0,8
4	ins Fahrzeug einsteigen und auf Querträger setzen	5,1	2,6			-5,1	-2,6
4a	Mit Montagesitz in Karosse einfahren			3,1	2,1	3,1	2,1
4b	Mit Montagesitz über Tunnel fahren			3,9	2,6	3,9	2,6
4c	Weg zur A-Säule und zurück			1	0,7	1	0,7
5	Klemmleiste mit 5 Blindnieten an A-Pfosten links befestigen	11,4	5,9	10,6	6,6	-0,8	0,7
6	zur anderen Seite	0,6	0,3			-0,6	-0,3
7	Klemmleiste mit 5 Blindnieten an A-Pfosten rechts befestigen	11,4	5,9	10,6	6,6	-0,8	0,7
8	aus Karosse aussteigen	1,2	0,6			-1,2	-0,6
8a	Mit Montagesitz herausfahren			2,6	1,7	2,6	1,7
9	Weg zum Köcher Nieter ablegen	0,6	0,3			-0,6	-0,3
	F-Zeit [s]	39	20,1	35,1	22,1	-3,9	2
	Taktausgleichzeit [s]	1,1	0,6	1,9	1,3	0,8	0,7
	Summe	40,1	20,7	37	23,4	-1,9	

Durch Einsatz des Sitzes entfällt das Ein- und Aussteigen des Mitarbeiters (s. Abbildung 31, linkes Bild). Der Sitz kann so ausgerichtet werden, dass der Mitarbeiter die Klemmleiste in unmittelbare Nähe und damit in einer günstigeren Reichweite montieren kann (s. Abbildung 31, rechtes Bild). Dabei wird der Rücken, insbesondere die Lendenwirbelsäule, durch die Lehne gestützt. Material und Werkzeuge werden am Sitz bereitgestellt (s. Abbildung 31, linkes Bild). Ein Nachfüllen des Materials bzw. Entleeren der Nietpistole ist alle 20 bis 30 Fahrzeuge notwendig.



Abbildung 31: Montage der Klemmleiste an der A-Säule unter Verwendung des ergonomischen Montagesitzes (linkes Bild: Einfahren in die Karosse, rechtes Bild: Montage Klemmleiste an der A-Säule mit ergonomischen Montagesitz)

Um Mitarbeiter in den Arbeitsprozess einzuführen und gleichfalls zu qualifizieren, wurde der Golf NF zur laufenden Produktion des Vorgängermodells mit einer Häufigkeit von 54 % in der Montagelinie produziert. Die Begründung lag darin, die Mitarbeiter sukzessiv an die neuen Montageschritte heranzuführen, Fehler schnell zu beheben und Prozesse abzusichern. Die geänderte Mixverteilung wurde ebenfalls in der Ergonomiebewertung berücksichtigt und demnach die Punktwerte der jeweiligen Modelle anhand der Modellauslastung gewichtet. Die Grundkörperhaltung entspricht wiederum dem aufrechten Sitzen. Das Ergebnis ist nun ein ergonomisch günstiger Arbeitsplatz mit einer geringen Belastung (s. Tabelle 22). Durch Einsatz des Montagesitzes konnten die Ergonomiepunkte um zirka 56 % reduziert werden. Dies ist insbesondere durch das Entfallen der Extrapunkte, einer verbesserten Körperhaltung, verringerten Reichweiten sowie dem Wegfall der Rumpfdrehungen zurückzuführen.

Tabelle 22: Ergonomiebewertung zur Montage der Klemmleiste an der A-Säule mit einem ergonomischen Montagesitz – nach Szenario 1 (eigene Bewertung nach Volkswagen AG, 2013c)

Modell	Analyse	Zeitanteil [s] oder Kraft [N]	Punkte
Golf-NF	Körperhaltung [s]		
	Stehen und Gehen		
	Sitzen mit Rückenlehne	36,5	1,3
	<i>Summe Körperhaltung symmetrisch</i>		1,3
	Erweiterte Reichweite 60 %	20,9	1 × 2
	<i>Summe Körperhaltung asymmetrisch</i>		2
	<i>Summe Körperhaltung gesamt</i>		≈3,5
	Ganzkörperkräfte (GK) [N]		
	Vernieten Klemmleisten 2 × 5 Nieten (B-; 26,7 %)	40	Kraftlevel 26,7 %: 3,6 10 × <i>dynamisch</i> : 6,5
	<i>Summe Ganzkörperkräfte gesamt</i>		=3,6 × 6,5 ≈23,5
	Gesamtsumme (Auslastung 54 %)		27
Golf +	Körperhaltung [s]		
	Stehen und Gehen		
	Sitzen mit Rückenlehne	23,1	0,7
	<i>Summe Körperhaltung symmetrisch</i>		0,7
	Erweiterte Reichweite 60 %	13	1 × 2
	<i>Summe Körperhaltung asymmetrisch</i>		2
	<i>Summe Körperhaltung gesamt</i>		≈3
	Ganzkörperkräfte (GK) [N]		
	Vernieten Klemmleisten 2 × 5 Nieten (B-; 26,7 %)	40	Kraftlevel 26,7 %: 3,6 10 × <i>dynamisch</i> : 6,5
	<i>Summe Ganzkörperkräfte gesamt</i>		=3,6 × 6,5 ≈23,5
	Gesamtsumme (Auslastung 36 %)		26,5
Golf / Golf +	Bewertung des Gesamtkörpers	54:36	≈24

Für die Untersuchung der Nacharbeitsdaten wurden ebenfalls Zeiträume von jeweils fünf Monaten vor und nach Realisierung der Maßnahme herangezogen. Nach Gesprächen mit Fertigungsabschnittsleiter und Qualitätsbeauftragten wurden die in Tabelle 23 aufgelisteten Fehler identifiziert. Am Beispiel der Klemmleiste von Szenario 0 zu Szenario 1 ergab sich eine Fehlerreduzierung von zirka 20 %. Jeder Fehler wird je nach Aufwand mit einer differenzierten Nacharbeitszeit bewertet. Die Fehlerart der losen Nietverbindung konnte um zirka 19 % verringert werden. Dies könnte zum einen an der stabileren Sitzposition und zum anderen an der verbesserten Erreichbarkeit durch Minimierung der Rumpfneigungen und Reichweiten liegen.

Tabelle 23: Veränderung der Fehlerhäufigkeit bei der Montage der Klemmleiste an der A-Säule im Vergleich vor und nach Einsatz des Montagesitzes – nach Szenario 1 (eigene Darstellung nach Volkswagen AG, 2012g; eigene Auswertung nach Volkswagen AG, 2013d)

Fehlerart	Nacharbeitszeit [min]	Δ Fehleranzahl [#]
Klemmleiste A-Säule Nietverbindung lose	20	-32
Klemmleiste A-Säule beschädigt	10	-4

Nach dem Modellwechsel arbeitet das gleiche Team nun sowohl an Arbeitsplatz 1 als auch an Arbeitsplatz 2. Ein Fehlzeitenvergleich auf Teamebene ist demnach, um die Wirkung einzelner ergonomischen Maßnahmen zu bewerten, nicht möglich. Dies würde eine weitere Detaillierung für Fehlzeiten auf Arbeitsebene erfordern, welche jedoch aus Datenschutzgründen nicht realisierbar ist. Dies bestätigt die geringe Aussagekraft des Fehlzeitenstandes auf Teamebene bezüglich einzelner ergonomischer Maßnahmen. Nach Datenlage würden die Kosten des arbeitsabhängigen Fehlzeitenstandes ebenfalls 1,2 Mio. € betragen.

Durch die Verwendung des ergonomischen Montagesitz-Systems sind zur Ausübung der Tätigkeit an diesem Arbeitsplatz die Einschränkungen A1 (vorwiegend sitzend) und A2 (mit Gelegenheit zum Sitzen), D1 (ohne langes / häufiges Bücken oder Beugen) sowie D6 (keine verdrehte Haltung) nicht mehr relevant. Die Anforderung dauerhaftes Sitzen, welches in der Tätigkeitseinschränkung A3 erfasst wird (s. Tabelle 24), bleibt weiterhin am Arbeitsplatz erhalten. Der kurze Wechsel zum Nachfüllen des Materials und dem Entleeren der Nietpistole aller 20 bis 30 Fahrzeuge erfüllt diese Voraussetzungen nicht. In dem untersuchten Zeitraum hat sich die Anzahl der Mitarbeiter mit Tätigkeitseinschränkungen im Team schichtübergreifend um zwei Mitarbeiter verringert (Volkswagen AG, 2013b). Auch hier kann ein positiver Effekt trotz Umsetzung der Maßnahme nicht beobachtet werden. Grund hierfür ist zudem, dass nun sowohl Arbeitsplatz 1 als auch Arbeitsplatz 2 von dem gleichen Team verantwortet werden und jeweilige Wirkungen nicht arbeitsplatzspezifisch zugeordnet werden können.

Tabelle 24: Auftretende Tätigkeitseinschränkungen bei der Montage der Klemmleiste an der A-Säule mit ergonomischen Montagesitz – nach Szenario 1 (eigene Darstellung nach Volkswagen AG, 2013c)

Code	Beschreibung der Tätigkeitseinschränkungen
A3	Am Arbeitsplatz kann nicht in wechselnder Körperhaltung gearbeitet werden (z. B. nur stehende, gehende und sitzende Tätigkeiten).

Zusammenfassende Darstellung der Teilergebnisse

Durch Einsatz eines ergonomischen Montagesitzes wurde der Arbeitsplatz 2 ergonomisch deutlich verbessert (s. Tabelle 25). Zudem konnten die F-Zeiten verkürzt, die Qualität verbessert und Tätigkeitseinschränkungen im Arbeitsplatzprofil reduziert werden. Ein Zusammenhang zwischen ergonomischer Arbeitsplatzgestaltung und dem Einsatz von leistungsgewandelten Mitarbeitern ist auf Teamebene schwer nachweisbar. Zum einen ist davon auszugehen, dass bei einer ergonomischen Verbesserung des Arbeitsplatzes mehr Mitarbeiter mit Einschränkungen beschäftigt werden können und zum anderen ist durch Wegfall besonderer Arbeitsanforderungen die Bescheinigung von Tätigkeitseinschränkungen wahrscheinlich nicht mehr relevant. Da der Einsatz von Mitarbeitern i. d. R. von Meister und Teamsprecher erfolgt, setzt dies eine genaue Kenntnis der Arbeitsplatzanforderungen voraus. Für einen verbesserten leistungsgemäßen Einsatz der Mitarbeiter ist der Informationsbedarf über die Arbeitsplatzanforderungen beim Personalwesen und auf Meisterebene, bspw. im Rahmen von Qualifizierungen, zu verbessern.

Tabelle 25: Kennzahlenbezogene Wirkung bei der Montage der Klemmleiste durch Einsatz des ergonomischen Montagesitzes (Verbesserung ↑, unverändert →, Verschlechterung ↓)

	Szenario 0 - ohne Hilfsmittel	Szenario 1 - mit ergonomischen Montagesitz
Ergonomie	-Stehen und Gehen -Gebeugte Körperhaltung -Erweiterte Reichweite -Rumpfdrehung -Aktionskräfte -Einsteigen und Austeigen → Ergonomiepunkte: 55	-Aufrecht sitzend -verbesserte Körperhaltung -Geringere Reichweite -Entfall der Rumpfdrehung -Aktionskräfte -Entfallen der Extrapunkte → Ergonomiepunkte: 24
F-Zeit	Golf VG 39 s Golf + 20,1 s	F-Zeit-Reduzierung um 1,9 s
Qualität (Nacharbeit)	-Nietverbindung lose á 20 min -Klemmleiste beschädigt á 10 min	-32 Fehler á 20 min -4 Fehler á 10 min
Mitarbeiter	Tätigkeitseinschränkungen A1, A2, A3, D1, D6	Entfall der Tätigkeitseinschränkungen A1, A2, D1 und D6

Nach ausführlicher Datensammlung, -aufbereitung und -interpretation erfolgt nun im anschließenden Unterkapitel die Kosten-Nutzen-Analyse der betrachteten Arbeitsplätze unter den jeweiligen Szenarien.

Das Bestreben liegt darin, einen ROI zu ermitteln, um eine Aussage über die Wirtschaftlichkeit und Amortisation einer Investition in die ergonomische Arbeitsplatzgestaltung zu erhalten.

4.5. Kosten-Nutzen-Analyse betrachteter Maßnahmen

In diesem Abschnitt erfolgt die wirtschaftliche Betrachtung der vorangegangenen Untersuchung hinsichtlich der Beeinflussung von Betriebskennzahlen und dem Unternehmenserfolg im weiteren Sinne. Im Rahmen einer Kosten-Nutzen-Analyse erfolgt eine kennzahlenorientierte ROI-Betrachtung mit dem Ziel eine Wirtschaftlichkeitsprüfung ergonomischer Gestaltungsmaßnahmen durchzuführen. Außerdem wurde eine Amortisationsbetrachtung (s. Formel 13) angeführt, welche bisher insbesondere aus Planungsperspektive zur Effizienzbestimmung bezüglich Investitionen von unternehmerischem Interesse war. Die Anschaffungsausgabe besteht aus den Anschaffungskosten und Anschaffungsnebenkosten. Die Rückflussdauer einer Investition errechnet sich dabei, indem sich die Anschaffungsausgaben aus den jährlichen Gewinnen und Abschreibungen der Investition refinanzieren. Die Durchschnittsmethode, auch statische Amortisationsrechnung genannt, findet Anwendung, wenn der jährliche finanzielle Rückfluss in gleicher Höhe anfällt (Domschke & Scholl, 2008, S. 251).

Formel 13: Berechnung der Amortisationsdauer

$$\text{Amortisationsdauer} = \frac{\text{Anschaffungsausgabe}}{\text{jährlicher Rückfluss} + \text{jährlicher Abschreibungsbetrag}}$$

Der Faktor „Mitarbeiter“ als Wertschöpfungsfaktor für Qualität und Produktivität wurde schlussendlich nicht in die Wirtschaftlichkeitsbetrachtung einbezogen. Ausschlusskriterium war die fehlende Vergleichbarkeit der zur Verfügung stehenden Daten. Aufgrund des Datenschutzes, der nur eine schichtübergreifende Analyse auf Teamebene zuließ, war es nicht möglich exakte Daten je Arbeitsplatz zu identifizieren.

Auch der Vorteil eines ergonomisch gestalteten Arbeitsplatzes für die Beschäftigung leistungsgewandelter Mitarbeiter ließ sich zahlenmäßig nicht nachvollziehen. Darin besteht jedoch eine Chance für Unternehmen mit Blick auf den demografischen Wandel ältere und leistungsgewandelte Mitarbeiter zukünftig produktiv beschäftigen zu können.

Szenario 0 des ersten Arbeitsplatzes umfasste ganzheitlich die Umgestaltung der Fertigungslinien in der Montagehalle. Nahezu alle Linien wurden im Jahreswechsel 2011 / 2012 bzw. im Verlauf des Jahres 2012 mit Werkermitfahrbändern ausgestattet. Im Takt des ausgewählten Arbeitsplatzes wurden zwei Bänder verbaut (Szenario 1). In Tabelle 26 wurden alle betrachteten Betriebskennzahlen, welche

durch diese Maßnahme gegebenenfalls beeinflusst worden, im Überblick zusammengefasst und monetär bewertet. Die monetäre Bewertung erfolgte nach unternehmerischen Richtlinien, die ebenfalls in der Praxis bei Kalkulationsrechnungen angewendet werden. Für eine bessere Vergleichbarkeit wird eine Hochrechnung der einzelnen Kennzahlen auf Jahresbasis durchgeführt, da zur Datenauswertung jeweils Zeiträume von fünf Monaten vor und nach Maßnahmenrealisierung herangezogen wurden.

Neben einer Verbesserung der Ergonomie konnte eine bedeutende Reduzierung in der Fehlerhäufigkeit und der damit insgesamt aufgebrauchten Nacharbeitszeit erreicht werden. Trotz keiner erkennbaren Auswirkung auf die F-Zeit überstieg der Gewinnanteil die entstandenen Kosten um ein Vielfaches, so dass ein ROI von über 100 % ermittelt wurde. Die Investition stellt sich somit als überaus lohnenswert dar. Die Kosten fließen somit jährlich nahezu 1,5-fach als Gewinn zurück. Die Nutzungsdauer eines Werkermitfahrbandes beträgt zehn Jahre und somit die jährliche Abschreibung 3.500 €. Die Investition amortisiert sich unter Berücksichtigung des jährlichen Gewinns und des Abschreibungsbetrags bereits nach zirka sieben Monaten.

Tabelle 26: Monetäre Bewertung Arbeitsplatz 1 – Vergleich der Szenarien 0-1

Parameter	Untersuchung	Kosten-satz	Berechnung	Jahres-hochrechnung	Summe
F-Zeit	0 s/min = 0 min/Tag	1 €/min	0 €/Tag	0 €	0,00 €
Qualität	Δ318 Fehler á 60 min Δ0 Fehler á 55 min	72 €/h	318 h: 22.896 € 0 €	54.950,40 € 0 €	54.950,40 €
Nutzen	= Gewinn				54.950,40 €
Direkte Kosten	Anschaffung von 2 Bändern und Dummys: 34.000€				34.000,00 €
Indirekte Kosten	Anheben der Power und Free Fördertechnik und Anpassungen der Infrastruktur: 1.000 €				1.000,00 €
Kosten					35.000 €
ROI	Nutzungsdauer: 10 Jahre → Abschreibung 3.500 €/Jahr Jährlicher Rückfluss: 54.950,40 € → Amortisation: 0,6 Jahre Ergonomieverbesserung: 10 Punkte (zirka 19 %)				157 %

Untersuchte Kennzahlen und Effekte eines weiteren Szenarios (Szenario 2), welches im Zusammenhang mit dem Modellwechsel zur 7. Golf-Generation stand, wird in Tabelle 27 dargestellt. In Szenario 2 wurde der Einsatz eines ergonomischen Montagesitzes erläutert. Aus Sicht der Mitarbeiter erfreu-

te sich der Sitz größter Beliebtheit. Durch die Anwendung konnte eine hohe Anzahl an Fehler reduziert werden. Zwar wurden zusätzlich zwei neue Fehlerarten identifiziert, welche sich jedoch aufgrund des geringen Umfangs in der Analyse nicht bedeutsam auswirkten. Allerdings können die neu identifizierten Fehler auch auf den Produktanlauf zurückzuführen sein. Da der Arbeitsplatz nicht nur ergonomisch, sondern auch prozessbezogen verbessert wurde, hatte dies zur Folge, dass bei der Betrachtung rein ergonomischer Gesichtspunkte eine zusätzliche F-Zeit von 4,7 s erforderlich wurde. Die notwendige Zeit wird pro Tag schichtübergreifend (drei Schichten) ermittelt. Bei der Jahreshochrechnung werden 220 Arbeitstage angenommen. Neben der Verwendung des Sitzes wurden zur ergonomischen Handhabung zwei EC-Schrauber beschafft und in den Arbeitsprozess eingeführt. Da die Beeinflussung der Ergonomie und der Unternehmenskennzahlen deutlich erkennbar ist, wurden beide Investitionen vollständig in die Betrachtung einbezogen. Trotz der hohen Investitionskosten der Schrauber sind sowohl die Ausgaben hinsichtlich eines ergonomischen Montagesitzes und der EC-Schraubertechnik bei einem ROI von 14,5 % lohnenswert. Die Nutzungsdauer wurde seitens Hersteller mit sieben Jahren angegeben. Eine Amortisationszeit von dreieinhalb Jahren ist hinsichtlich der unternehmerischen Vertretbarkeit zu diskutieren. Dennoch zeigt sich hier, dass nicht nur der monetäre Effekt sondern auch die erbrachte Ergonomieverbesserung von zirka 91 % von Relevanz ist. Nach einem positiven ROI sind die Investitionen in Montagesitz und EC-Schrauber zu befürworten.

Tabelle 27: Monetäre Bewertung Arbeitsplatz 1 – Vergleich der Szenarien 1-2

Parameter	Erkenntnisse	Kosten-satz	Hochrechnung	Jahres-hochrechnung	Summe
F-Zeit	$\Delta 4,7 \text{ s/min}$ $= 98,7 \text{ min/Tag}$	1 €/h	98,70 €/Tag	21.714,00 €	21.714,00 €
Qualität	$\Delta 196 \text{ Fehler á 60 min}$ $\Delta 55 \text{ Fehler á 55 min}$ $\Delta 14 \text{ Fehler á 55 min}$	72 €/h	196 h: 14.112 € $\approx 50,4 \text{ h: } 3.630 \text{ €}$ $\approx 12,8 \text{ h: } 924 \text{ €}$	33.868,80 € 8.712,00 € 2.217,60 €	40.363,20 €
Nutzen	= Gewinn				18.649,20 €
Direkte Kosten	Ergonomischer Montagesitz: 29.000 € EC-Schrauber: 70.000 €				99.000,00 €
Indirekte Kosten	Stahlbau: 13.000 € Rückführung: 9.000 € Bandendabschaltung: 4.400 € Reißleine: 3.315 €				29.715,00 €
Kosten					128.715,00 €
ROI	Nutzungsdauer: 7 Jahre → Abschreibung 18.387,86 €/Jahr Jährlicher Rückfluss: 18.649,20 € → Amortisation: 3,5 Jahre Ergonomieverbesserung: 39,5 Punkte (zirka 91 %)				14,5 %

Bei Arbeitsplatz 2 handelt es sich nun um eine ausschließliche Bewertung des Einsatzes eines ergonomischen Montagesitzes. Die Einführung des Sitzes in den Arbeitsprozess der Klemmleiste gestaltete sich bereits in der Vergangenheit sehr schwierig. Zusätzliche Optimierungen hinsichtlich Materialanstellung und die fehlende Akzeptanz durch die Mitarbeiter verzögerten dessen effiziente Verwendung. Dies konnte dennoch durch kontinuierliche Weiterentwicklung unter Einbeziehung der Mitarbeiter behoben werden und zeigte sich zudem im Ergebnis (s. Tabelle 28). Folglich ist in den beiden Kennzahlen Qualität und Produktivität ein positiver Effekt zu erkennen. Sowohl ein ROI von 19,5 % und eine Amortisationszeit von zirka drei Jahren ergeben ein positives Endresultat. Unterstützend wirkt hier eine Verbesserung und Verringerung der Ergonomiepunkte um zirka 56 %.

Tabelle 28: Monetäre Bewertung Arbeitsplatz 2 – Vergleich der Szenarien 0-1

Parameter	Erkenntnisse	Kosten-satz	Hochrechnung	Jahres-hochrechnung	Summe
F-Zeit	$\Delta 1,9 \text{ s/min}$ = 39,9 min/Tag	1 €/h	39,90 €/Tag	8.778,00 €	8.778,00 €
Qualität	$\Delta 32 \text{ Fehler á } 20 \text{ min}$ $\Delta 4 \text{ Fehler á } 10 \text{ min}$	72 €/h	$\approx 10,7 \text{ h: } 768 \text{ €}$ $\approx 0,67 \text{ h: } 48 \text{ €}$	1.843,20 € $\approx 115,20 \text{ €}$	1.958,40 €
Nutzen	= Gewinn				10.736,40 €
Direkte Kosten	Ergonomischer Montagesitz: 25.000 €				25.000,00 €
Indirekte Kosten	Stahlbau: 13.000 € Doppelhub: 3.000 € Rückführung: 9.000 € Bandendabschaltung: 5.000 €				30.000,00 €
Kosten					55.000,00 €
ROI	Nutzungsdauer: 7 Jahre → Abschreibung 7.858,14 €/Jahr Jährlicher Rückfluss: 10.736,40 € → Amortisation: 3 Jahre Ergonomieverbesserung: 31 Punkte (56 %)				19,5 %

Schlussfolgernd konnte in allen untersuchten Szenarien eine positive Beeinflussung der Unternehmenskennzahlen Qualität und Produktivität festgestellt werden. Dabei wurden in den Kennzahlen sowohl positive als auch negative Effekte in der Untersuchung berücksichtigt. Auch keine negativen Veränderungen, bspw. gleichbleibende F-Zeit und Fehleranzahl, sind positiv zu bewerten. Im folgenden Kapitel werden die ermittelten Ergebnisse hinsichtlich Plausibilität und einer weiteren Anwendbarkeit diskutiert.

5. Diskussion

Das Ziel der Untersuchung war es, basierend auf unternehmensinternen Kennzahlen, einen betriebswirtschaftlichen Nachweis über die systematische Erfassung des monetären Nutzens infolge korrekativer ergonomischer Arbeitsplatzgestaltungsmaßnahmen zu erbringen. Mit dem Nachweis eines betriebswirtschaftlichen Nutzens soll gleichzeitig die Akzeptanz arbeitswissenschaftlicher Methoden und Verfahren in der Unternehmenswelt erhöht werden. Die Prämisse war es demnach, eine messbare, nachvollziehbare sowie anwendbare Verfahrensweise zur Beurteilung der Effektivität arbeitsgestalterischer Maßnahmen in den interdisziplinär agierenden Unternehmensbereichen aufzuzeigen.

Viele Unternehmen sind inzwischen zu der Erkenntnis gelangt, dass sich Wertschätzung und Zufriedenheit positiv auf die Motivation der Mitarbeiter auswirken. Hierzu gehört ebenfalls die Gestaltung der Arbeitsbedingungen, welche sich zugleich positiv auf das Unternehmen auswirkt und den Mitarbeiter als Leistungsträger für Qualität und Produktivität in den Mittelpunkt des Unternehmensgeschehens rückt. Das ROI-Modell sollte dazu dienen, die Chance einer positiven wirtschaftlichen Entwicklung von Unternehmen durch zunehmende Verankerung der Ergonomie in die Unternehmensprozesse aufzudecken. Wesentlich ist jedoch, dass die Führungsebene erkennt, dass durch ergonomische Ausgestaltung der Arbeitsplätze zum einen die Gesundheit und das Wohlbefinden des Mitarbeiters gefördert wird und zum anderen ebenfalls Einsparungspotenziale möglich sind. Die Beurteilung von ergonomischen Maßnahmen nur allein nach betriebswirtschaftlichen Faktoren ist nicht zu empfehlen, da für eine gesunde Arbeitsplatzgestaltung auch weitere Faktoren einzubeziehen sind. Die Verwendung des ROI zur Priorisierung von Investitionen ermöglicht einen unternehmensseitigen Gestaltungsspielraum. Zur Absicherung der nachhaltigen Umsetzung von ergonomischen Maßnahmen sind eine einheitliche Sichtweise sowie nachhaltiges Denken und Handeln der Unternehmensführung erforderlich (Abele & Reinhard, 2011, S. 125).

5.1. Beurteilung aus wissenschaftlicher Sicht

5.1.1. Überprüfung der These

Der in vorliegender Arbeit entwickelte ROI konnte die Beeinflussung von Kennzahlen und die Steigerung des Unternehmenserfolgs durch ergonomische Arbeitsplatzgestaltung bestätigen. Positive betriebswirtschaftliche Effekte durch die Umsetzung ergonomischer Maßnahmen konnten anhand der harten Unternehmenskennzahlen Qualität und Produktivität plausibel nachgewiesen werden. Diese definierten Kennzahlen sind für alle Planer und Entscheider ermittelbar. Der Bewertungsmaßstab jeder einzelnen Komponente orientiert sich an den jeweiligen unternehmerischen Richtlinien. Subjektive Gewichtungen wurden bewusst nicht verwendet, da das Ziel darin bestand, ein nachvollziehbares und anwendbares ökonomisches Modell zu kreieren, welches möglichst wenigen Störgrößen unterliegt. Die

Untersuchung zeigte, dass selbst hohe Investitionen dennoch zu einer Steigerung des Unternehmenserfolgs beitragen können. Wichtig für eine erkennbare Belastungsreduzierung sind hierbei die Einbeziehung und darauf aufbauend die Sensibilisierung der Mitarbeiter, so dass Maßnahmen akzeptiert und erfolgreich angewendet werden. Folglich ergaben alle drei Szenarien der hier diskutierten Beispiele eine positive Beeinflussung von Unternehmenskennzahlen durch die gewählten ergonomischen Maßnahmen.

5.1.2. Beurteilung der gewählten Kennzahlen und deren Anwendung

In der Vergangenheit spielten die untersuchten Kennzahlen bei Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen von ergonomischen Arbeitsplatzgestaltungsmaßnahmen bereits eine wichtige Rolle. Die Beurteilung der Effizienz einer Investition stellte hierbei jedoch noch ein Hindernis dar. Eine gängige Produktivitätskennzahl war die Veränderung der F-Zeit, welche mit den damit verbundenen Kosten ins Verhältnis gesetzt wurde. Derzeit sind Fehlzeitenstand und die Anzahl ergonomisch kritischer Arbeitsplätze Berichts- und Argumentationsgrundlage, um eine zunehmende Akzeptanz arbeitswissenschaftlicher Erkenntnisse im Unternehmen zu erreichen und die Ergonomie sowohl in den Prozessen als auch in den Produkten zu berücksichtigen. Das globale Ziel von Unternehmen ist es, ergonomisch bedenkliche Arbeitsplätze zu verbessern. Gegenstand der vorliegenden Dissertationsschrift war es dabei nicht, auf die Entscheidungsfindung hinsichtlich einer Umsetzung ergonomischer Maßnahmen einzuwirken, sondern kennzahlenorientiert positive Wirkungseffekte und Einsparungspotenziale aufzudecken.

Zu folgenden Ergebnissen konnte im Rahmen der Untersuchung gelangt werden:

Qualität

Die Kennzahl der Produktqualität, gemessen nach Fehlerhäufigkeit und bewertet nach Personalkosten, stellt eine valide Größe dar, um Effekte ergonomischer Gestaltungsmaßnahmen abzuleiten. Hierzu ist eine Kategorisierung nach Fehlerarten, welche im Zusammenhang mit möglichen Optimierungspotenzialen zur ergonomischen Arbeitsplatzgestaltung stehen, erforderlich. Weitere Fehlerkategorien, welche unberücksichtigt blieben, sind u. a. Mängel infolge Anlieferung und Fehler im Prozess (z. B. Teile vergessen). Dabei besteht die Möglichkeit, dass neue Fehlerarten identifiziert, aber andere ebenfalls minimiert werden. Im Rahmen der Kennzahlenbetrachtung konnte belegt werden, dass durch eine ergonomische Verbesserung der Arbeitsplätze nach Ergonomiepunkten ebenfalls Fehlerhäufigkeiten und der entsprechende Nacharbeitsaufwand reduziert wurde.

Die Untersuchung zeigte, dass die Kennzahl Qualität zur Bewertung ergonomischer und zugleich wirtschaftlicher Effekte anwendbar ist. Mit einer standardisierten Fehlerbeschreibung ließe sich diese Kennzahl zur Verbesserung von Montageabläufen nutzen. Gegebenenfalls könnten hier ebenso die Gründe für die Fehlerentstehung beschrieben werden, so dass eine spezifische Auswertung nach festgelegten Kriterien durchführbar wäre.

Produktivität

Die F-Zeit ist nach wie vor geeignet, eine Aussage zur Produktivitätsveränderung zu treffen. Hierbei gilt es, zwischen Prozessänderungen und Veränderungen durch die ergonomische Umgestaltung von Arbeitsplätzen zu differenzieren. So können z. B. Tätigkeiten infolge einer Produktänderung und durch eine Verbesserung des Anstellkonzeptes erfolgen oder auch Ergebnis gestalterischer ergonomischer Maßnahmen sein.

In der vorliegenden Arbeit wurde nachgewiesen, dass sich die Maßnahmen unterschiedlich auf die F-Zeiten ausgewirkt haben. Insbesondere eine Erhöhung der F-Zeit wird in der Praxis kritisch bewertet und richtet den Blick auf die oftmals geführte Diskussion Produktivität vs. Ergonomie. Demzufolge wurden in der Vergangenheit ergonomische Verbesserungen unter Auflagen realisiert oder aus Produktivitätsgründen unterlassen. Der gesamtwirtschaftliche Erfolg ergonomischer Maßnahmen (s. Kapitel 4.5) geht darüber jedoch weit hinaus.

Mitarbeiter

Der Faktor „Mitarbeiter“ bietet im Rahmen der Zuordnung von Wirkungseffekten durch ergonomische Gestaltungsmaßnahmen der Arbeitsplätze weiterhin Forschungsbedarf. Die Schwierigkeit besteht hier in der Zuordnung der entstandenen Effekte untersuchter Kennzahlen auf Arbeitsplatzebene:

Trotz der Eingrenzung der Fehlzeiten auf arbeitsabhängige Faktoren und somit Ausschluss externer und motivationsbedingter Einflussgrößen war die Einbeziehung des Mitarbeiters im Rahmen der Betrachtung von betriebswirtschaftlichen Effekten nicht möglich. Aus rechtlichen Gründen ist es nicht gestattet, Daten zu verwenden, welche Rückschlüsse auf einzelne Personen ermöglichen. Diese wären jedoch zur Beschreibung des direkten Zusammenhangs zwischen Arbeitsplatzfaktoren und individuellen Effekten erforderlich gewesen. Somit wurden Daten auf Teamebene, zudem schichtübergreifend, betrachtet. Dabei verantwortet jedes Team je nach Taktung eine unterschiedliche Anzahl von Arbeitsplätzen. Demnach war hier eine Ursachen-Wirkungs-Beziehung auf Arbeitsplatzebene mit der gebotenen Tiefe nicht nachweisbar. Die Annahme einer Drittelung der Fehlzeiten bezüglich arbeitsabhängiger, arbeitsunabhängiger und motivationsbedingter Einflussfaktoren stellt einen Kompromiss dar und

ist durchaus plausibel anzuerkennen. Um Fehlzeitenstände im Unternehmen verstärkt als Berichtsgröße einzusetzen, ist es empfehlenswert, diese Annahme in zukünftigen Auswertungen einzubeziehen. Hierbei können bereichsübergreifend, bspw. über den Fertigungsabschnitt oder die Montagelinie, arbeitsabhängige Fehlzeiten vor und nach Maßnahmenumsetzung untersucht werden. Durch eine anschließende Sensitivitätsanalyse (Domschke & Scholl, 2008, S. 259) bestünde die Möglichkeit Schwankungsbereiche und Wahrscheinlichkeitsannahmen abzuschätzen.

Ein Vergleich der Anzahl von Mitarbeitern mit gesundheitlichen Einschränkungen vor und nach arbeitsplatzbezogenen Maßnahmen ist nicht aussagekräftig. Der Einsatz von leistungsgewandelten Mitarbeitern erfolgt i. d. R. durch den Teamsprecher und den Meister. Die Berücksichtigung zusätzlicher leistungsgewandelter Mitarbeiter nach einer ergonomischen Arbeitsplatzgestaltung konnte in der vorliegenden Untersuchung nicht nachgewiesen werden. Hierin liegt ein Optimierungspotenzial für die zukünftige Personaleinsatzplanung. Auch Rotation oder Teamwechsel ermöglichten keine Beurteilung auftretender Effekte.

Zusammenfassung

Die Beschreibung einer Ergonomiekennziffer, die den gesamtwirtschaftlichen Aspekt abbildet, stellte sich in vielerlei Hinsicht als Herausforderung dar. Gründe hierfür waren insbesondere fehlende oder unzureichend berichtsfähige Daten: Eine Standardisierung von Fehlerdaten nach ergonomischen Gesichtspunkten (Körperhaltung, repetitive Tätigkeiten usw.) würde die Aussagekraft der Korrelation zwischen ergonomischen Arbeitstätigkeiten und Qualitätsdefiziten verstärken. Zudem sollte die Argumentation anhand von Fehlzeiten auf arbeitsabhängige Faktoren begrenzt werden. Weiterhin empfiehlt sich nach der Umsetzung ergonomischer Maßnahmen eine Untersuchung in Zusammenarbeit mit dem Personalwesen im Hinblick einer verbesserten Personaleinsatzplanung von leistungsgewandelten Mitarbeitern durchzuführen.

Zusätzlich lassen sich bspw. Ergonomiepunkte nach EAWS und AP-Ergo kausal nicht monetär in Einheiten ausdrücken. Dabei zeigen aktuelle Tendenzen die Notwendigkeit eines Berichtswesens auf, in denen bereichsübergreifend anhand von Ergonomielandkarten ausgehend vom Referenzfahrzeug die Anzahl und Schwerpunkte der ergonomisch kritischen Arbeitsplätze sowie weitere gesundheits- oder arbeitsschutzspezifische Potenziale mit dem Nachfolgermodell bzw. neuem Fahrzeug verglichen und dementsprechende Lösungsansätze generiert werden können.

Demnach gestaltet sich der unternehmerische Handlungsbedarf wie folgt:

- Standardisierung abweichender Qualitätsmerkmale nach Ursachen (z. B. Behinderungen, Blindoperationen und Arbeiten an einer bewegenden Karosse)
- Verdrängung des Vorbehalts Produktivität vs. Ergonomie und Konzentration auf die gesamtwirtschaftliche Beeinflussung des Unternehmenserfolgs
- Anpassung der Argumentation fehlzeitenbegründeter Unternehmenskosten auf arbeitsabhängige Faktoren
- Überprüfung des Mitarbeitereinsatzes nach Maßnahmenrealisierung zur unterstützenden Reintegration der Mitarbeiter in den Arbeitsprozess
- Entwicklung eines Berichtswesens qualitativer Daten und Bewertungen zur Maßnahmenverfolgung

5.1.3. Würdigung des gewählten Analyseverfahrens

Hintergrund der Untersuchung war der Beweis, dass der ROI ein geeignetes Maß darstellt, die Beeinflussung von Unternehmenskennzahlen durch kurz- bis mittelfristige korrektive ergonomische Gestaltungsmaßnahmen zu beurteilen. Der in dieser Arbeit definierte ROI-Ansatz ermöglicht mithilfe der vorhandenen Datengrundlage erstmalig eine Aussage über den Nutzen ergonomischer Gestaltungsmaßnahmen zu treffen. Da die Reduzierung von Ergonomiepunkten oder ergonomisch kritischen Arbeitsplätzen für Investitionsentscheidungen in der Unternehmenswelt oftmals nicht ausreichte, erfolgte eine Bewertung von primär monetären Größen. Sowohl die Datenbeschaffung, -aufbereitung und -auswertung der Kennzahlen Qualität und Produktivität stellten kein Hindernis für die Berechnung des ROI dar. Die Effekte innerhalb der jeweiligen Kennzahlen wurden monetär auf Basis von Vergangenheits- und Ist-Daten bewertet und gleichzeitig den Kosten der Investition und deren praktischen Umsetzung gegenübergestellt. Der Ausweis in Prozenten eröffnet die Möglichkeit Prioritätsregeln zur Steuerung der Entscheidung und Umsetzung zu definieren. Für den Erfolg des angewendeten Verfahrens spricht die Erfüllung der in Kapitel 2.3.4 beschriebenen Kriterien. Im Rückblick wurden alle Faktoren berücksichtigt und nachvollziehbar dargestellt, so dass einer weiteren Anwendung und Ausdehnung auf nachfolgende Untersuchungsbereiche, wie Karosseriebau, Lackiererei und Logistik, nichts im Wege steht.

Die ermittelten Ergebnisse dienen als Referenzbeispiele. Ziel war es, die positiven monetären Effekte unter Berücksichtigung unterschiedlichster Ausgangs- und Rahmenbedingungen aufzuzeigen. Die Beurteilung mittels ROI erfolgt prinzipiell nach Bestandsdaten, d. h. ex-ante Aussagen sind hier nicht möglich bzw. beruhen auf definierten Annahmen. Für diese Festlegungen sollten dennoch bereits be-

stehende Daten als Ausgangsbasis oder zur Ableitung von Richtlinien bzw. Annahmen herangezogen werden. Je nach Betrachtungsfall sind dabei Erfahrungswerte von Vorteil.

5.2. Diskussion unternehmerischer Gesichtspunkte

5.2.1. Wirkung des Führungsverhaltens auf Gesundheit und Wohlbefinden der Mitarbeiter

Eine Herausforderung für die Unternehmensführung ist es, die Arbeitsorganisation mit Blick auf einer erhöhten Leistungsfähigkeit der Beschäftigten unter Berücksichtigung von Gesundheit und Wohlbefinden zu gestalten (Abele & Reinhart, 2011, S. 120 f.). Dabei ist zu klären, wie sich das Führungsverhalten auf die Gesundheit des Mitarbeiters auswirkt und welche spezifischen Führungskräftequalifikationen benötigt werden, um einen wertschöpfenden Einsatz der alternden Belegschaft gewährleisten zu können (Esslinger et al., 2010, S. 122). Erfolgreiche Unternehmen sind bestrebt neben neuen Technologien und unternehmerischem Handeln den Menschen in den Mittelpunkt des Geschehens zu rücken. Die Mitarbeiter schaffen Qualität und Produktivität, so dass das Unternehmen den Wettbewerb standhalten und sogar bestimmen kann. Dies bedeutet in erster Linie Investitionen in die Mitarbeiter, so dass eine langfristige Motivation und Leistungsfähigkeit ermöglicht wird. Dabei stehen zum einen Ausbildung und Qualifizierung und zum anderen Gesundheit und Wohlbefinden im Mittelpunkt (Kroll, 2010, S. 50).

Laut Höfer & Berssem (2010, S. 176) sind Führungskräfte unmittelbar für eine gesundheitsförderliche Arbeitsgestaltung und dem Erhalt der Leistungsfähigkeit verantwortlich. Kroll (2010, S. 50) ordnet diesen sogar eine Art Hebelwirkung zu, da die gewünschten Veränderungsprozesse nur durch den Mitarbeiter umgesetzt werden können. Die Führungsebene gestaltet daher Arbeits- und Organisationsbedingungen und verantwortet den Einsatz von Personal und die persönliche Kommunikation und Interaktion mit den Mitarbeitern. In der Untersuchung von Höfer & Berssem (2010, S. 176) konnte ein Zusammenhang von Führungsverhalten auf Fehlzeiten sowie eine gesteigerte Mitarbeitermotivation nachgewiesen werden (vgl. Gregersen et al., 2011). Gregersen et al. (2011, S. 3) fassten in ihrer Untersuchung zum Einfluss des Führungsverhaltens auf die Mitarbeitergesundheit erste Ergebnisse hinsichtlich der Wirkung verschiedener Führungsstile auf Gesundheit und Wohlbefinden der Menschen zusammen: Insbesondere eine transformationale und mitarbeiterorientierte Führung fördern die Gesundheit und das Wohlbefinden der Menschen. Das transformationale Führungsverhalten zeichnet sich durch eine Vorbildfunktion, Respekt und Vertrauen gegenüber dem Mitarbeiter aus und wirkt dementsprechend motivierend. Für eine mitarbeiterorientierte Führung spricht das direkte Interesse der Führungskraft am Mitarbeiter und räumt diesen gleichzeitig Mitbestimmungsrechte ein. Zudem kann sich der transaktionale Führungsstil positiv auf die Mitarbeiter auswirken, indem Leistungen bewertet und gegebenenfalls belohnt werden (Gregersen et al., 2011, S. 7 f.). Ein gegenteiliges Führungsverhalten

kann dementsprechend negativ sowohl die Leistung als auch die Motivation beeinflussen und demzufolge zu Absentismus führen.

Um die Qualitäts- und Produktivitätsziele mit der gesundheitsgerechten Ausgestaltung von Arbeitsplatz- und Umgebungsbedingungen zu vereinen, sollten Führungskräfte hinsichtlich einer zielgerichteten Mitarbeiterführung qualifiziert werden. Beispielsweise bestünde die Möglichkeit Qualifizierungsangebote wie „gesundheitsorientierte Führung“ (Höfer & Berssem, 2010, S. 176) als Bestandteil in das Managementprogramm (Ugbedor & Adaramola, 2012, S. 484), bspw. der Führungslizenz, zu integrieren. Inhaltlich sollte der demografische Wandel und die zunehmende Anzahl an Mitarbeitern mit Tätigkeitseinschränkungen thematisiert, aber auch hinsichtlich eines notwendigen Handlungsbedarfs sensibilisiert werden. Der Umgang mit älteren Mitarbeitern und deren Rolle im Wertschöpfungsprozess sind hier beispielhaft zu nennen.

Nach einer Studie von Kroll & Dzudzek (2010) in Zusammenarbeit mit der Rasselstein GmbH zum Thema „Der gesunderhaltende Betrieb“ gehören zu einer „gesundheitsgerechten“ bzw. „guten“ Führung die Gewährleistung von Handlungs- und Gestaltungsspielräumen, Information und Kommunikation und das Beteiligungs- und Mitbestimmungsrecht des Mitarbeiters. Mit „guter“ Führung wird demnach nicht nur der Fürsorgepflicht für die Mitarbeiter, sondern auch der bedeutenden Führungsaufgabe, mit der anvertrauten Verantwortung unter Eigenbeitrag den Unternehmenserfolg positiv zu beeinflussen, nachgegangen (Kroll, 2010, S. 51).

5.2.2. Produktivitätsmanagement als Teil des Führungssystems

Zu den allgemeinen Managementaufgaben gehören Planung, Organisation, strategische Entscheidungen sowie konkrete Mitarbeiterführung (Ducki & Felfe, 2011, S. VII). In den vergangenen Jahren standen vorwiegend harte Kennzahlen, wie bspw. Qualität und Produktivität, im Vordergrund für Produktivitätsentscheidungen. Dabei blieb ein Zusammenwirken mit anderen Einflussfaktoren unberücksichtigt. Jedoch mit dem Verständnis einer zunehmend älterwerdenden Belegschaft und steigenden Fehlzeiten wandelt sich das Bild zunehmend, so dass auch weiche Faktoren wie Ergonomie und Gesundheit eine zentrale Rolle einnehmen. Gesetzlich besitzt die Führungsperson die Pflicht zur gesundheitsgerechten Gestaltung des Umfeldes, der Arbeitsaufgabe sowie -inhalte und die Unversehrtheit des Körpers und der Psyche zu gewährleisten. Dies kann jedoch nur von den Verantwortlichen übernommen und gegebenenfalls auf die nachgeordnete Führung übergeben werden, wenn die notwendigen Ressourcen bereitgestellt werden (Jancik, 2002, S. 155). Lenk & Maring (1992, S. 13 f.) identifizieren Zielkonflikte zwischen einerseits der sozialen Verantwortung und andererseits der Verpflichtung zur Wirtschaftlichkeit und Gewinnerzielung. Diese konkurrierenden Ziele sind nur durch Analyse und einer vermittelnden Lösung zu beheben. Unternehmen obliegt hier zukünftig noch stärker die Fürsorge

zur verbesserten Gestaltung und Organisation der betrieblichen Arbeitsprozesse zur Förderung von Gesundheit und Vermeidung gesundheitlicher Schädigungen beizutragen (Bruder, 2013, S. 641).

Die Entscheidungsfindung hinsichtlich ergonomischer Investitionen wird durch das Steuerungsinstrument ROI entscheidend vereinfacht. Die Zusammenfassung der Kennzahlen in einem Kennzahlensystem mit einer Wirtschaftlichkeitskennzahl als Hauptgröße erlaubt es, die unterschiedlichsten Größen einzubeziehen und den entstehenden Kosten gegenüberzustellen (Gretz, 1971, S. 9; Budde, 1973, S. 20; Gretz, 1996, S. 11). Die Einzelleistungen sind demnach kontrollierbar und eine Rentabilität nachweisbar (Budde, 1973, S. 20). Die Verfügbarkeit der relevanten Informationen und Daten wird dabei vorausgesetzt, gegebenenfalls werden auch Fehlentwicklungen aufgedeckt (Daub, 1981, S. 157). Die Kernaussage nach Budde (1973, S. 20) besagt, dass das Ergebnis eine übergeordnete Kennzahl darstellt, welche es dem Entscheider ermöglicht, ein übergreifendes Urteil zu fällen und nicht einzelne Größen gegeneinander aufzurechnen. Dennoch wird im Rahmen der Berechnung ein Einblick gewährt, welche Kennzahlen Potenziale darstellen und gezielt genutzt bzw. optimiert werden könnten.

Mithilfe des ROI ist es möglich Prioritätsregeln festzulegen, bei dem die einzelne Kennzahl allein keine entscheidende Rolle spielt. Je nach Anzahl der Anfragen und Budgetvorgaben sind terminierte Regularien denkbar. Anhand der vorliegenden Untersuchungen ist eine kurzfristige Umsetzung bspw. ab einem ROI von 50 %, eine mittelfristige Umsetzung ab 20 % und eine langfristige Umsetzung ab 0 % vorstellbar. Einhergehen hiermit insbesondere die Bereitstellung der finanziellen Mittel. Vermutlich sollte diese sogenannte Prioritätenreihenfolge je nach Bereich oder Gewerk unterschiedlich ausgestaltet werden, da z. B. Maschinenumbau- und Instandhaltungsmaßnahmen umfangreicher sind als einzelne Anschaffungskosten. Grundlegend sollte bei einem positiven ROI investiert werden. Nach Grob (1983, S. 13) kann es dennoch sinnvoll sein, kleine oder negative Renditen für eine überschaubare Zukunft in Kauf zu nehmen, wenn infolge langfristiger menschengerechter und unternehmenspolitischer Beweggründe diese Vorleistung für die Absicherung der Gesundheit und Leistungsfähigkeit des Mitarbeiters und dadurch die Rentabilität an anderer Stelle ermöglicht wird. In diesem Fall besitzt wiederum die Führungsebene die Verantwortung sich verstärkt für den wertschätzenden, gesundheitsgerechten und zudem wertschöpfenden Einsatz der Mitarbeiter zu engagieren. Infolgedessen benötigen die Verantwortlichen eine Kennzahl um gegenüber anderen Unternehmenszielen die Bedeutung ergonomischer Arbeitsplatzgestaltung aufzuzeigen. Diese Kennzahl wurde in der vorliegenden Dissertationsschrift entwickelt und geprüft.

6. Fazit und Ausblick

Ziel der Forschungsarbeit war es, mithilfe des ROI als ein vereinfachtes, anwendbares Instrument die Beeinflussung von Unternehmenskennzahlen durch gestalterische, ergonomische Maßnahmen zu quantifizieren und hinsichtlich ihrer Wirkung zu beurteilen. In allen Teiluntersuchungen konnte anhand des Modells ein positives Ergebnis erzielt werden. Bei Analyse der einzelnen Kennzahlen konnte festgestellt werden, dass diese sowohl positive als auch negative Effekte hervorrufen. Das Gesamtergebnis bestätigte jedoch in allen Fällen, dass der betriebliche Nutzen die Investitionskosten überstieg. Das Prinzip des wirtschaftlichen Handelns wird somit bei der Umsetzung von menschengerechten und demzufolge gesundheitsförderlichen Arbeitsplätzen erfüllt.

6.1. Fazit zur Konzeption eines betriebswirtschaftlichen Bewertungsmodells von Maßnahmen zur ergonomischen Arbeitsplatzgestaltung

Wissenschaftliche Aspekte

Der in vorliegender Forschungsarbeit entwickelte ROI ermöglicht eine mittelfristige Bewertung von Investitionen in ergonomische Gestaltungsmaßnahmen von Arbeitsplätzen. Periodische Entwicklungen unter Einbezug von Kapitalkosten und Steuersätzen blieben für eine bessere Praktikabilität und Nachvollziehbarkeit unberücksichtigt. Für eine mehrjährige Untersuchung bedürfte es einer umfangreichen Dokumentation, da bspw. Qualitätsdaten nur eine Haltbarkeit von einem Jahr aufweisen und Prozesse in Arbeitsplan nach Bedarf angepasst werden.

Der ROI orientiert sich in seiner Bewertung von Maßnahmen an vergangenheitsorientierten bzw. Ist-Daten. In der Untersuchung wurde der Beweis erbracht, dass sich ex-post ergonomische Gestaltungsmaßnahmen positiv auf den Unternehmenserfolg auswirken. Eine ex-ante Betrachtung der Kennzahlen ist jedoch aufgrund fehlender Daten nur mittels Annahmen möglich. Sind F-Zeiten mithilfe der MTM-Bausteine leicht quantifizierbar, können eventuell auftretende Fehler nach Art und Zahl nur abgeschätzt werden. Damit einhergeht die Problematik zukünftige Trends und Entwicklungen der relevanten Kennzahlen abzubilden.

Die Bestimmung objektiver Zielvorgaben liegt im unternehmerischen Interesse. Nach Stand der Forschung ist eine Investition wirtschaftlich, wenn ein positiver ROI vorliegt. Bei der Festlegung einer Prioritätenreihenfolge im Hinblick auf arbeitsgestalterische Maßnahmen sollte die belastende Arbeitssituation einbezogen werden und keine alleinige Beurteilung des Gesamteffektes erfolgen.

Die Beschreibung einer Ursachen-Wirkungs-Beziehung von ergonomischen Gestaltungsmaßnahmen auf den Faktor „Mitarbeiter“, auch unter der ausschließlichen Berücksichtigung von arbeitsabhängigen Faktoren, war nicht realisierbar.

Im positiven Sinne konnte anhand eines vereinfachten und anwendbaren Modells bewiesen werden, dass Investitionen in die ergonomische Arbeitsplatzgestaltung einen entscheidenden Beitrag zum wirtschaftlichen Erfolg der Unternehmen leisten.

Anwendung in der Praxis

Für die Analyse wurden hauptsächlich Arbeitsplätze ausgewählt, an denen in der Vergangenheit eine korrektive Umsetzung von ergonomischen Maßnahmen erfolgte. Anlass der vorliegenden Untersuchung war es, erstmalig anhand von betrieblichen Daten einen Zusammenhang aus hohen Investitionen in die Gesundheit und Leistungsfähigkeit der Menschen sowie den resultierenden betriebswirtschaftlichen Effekten herzustellen. Damit sollte auch die Verknüpfung zwischen Arbeitsleistung des Mitarbeiters und dem Unternehmenserfolg durch Qualität und Produktivität hergestellt werden.

Auch der Fehlzeitenstand, welcher zum einen im großen Ausmaß Kosten verursacht und als Argumentationshilfe für die ergonomische Arbeitsplatzgestaltung herangeführt wird, wurde in die Betrachtung einbezogen. Dabei sind jedoch auch weitere externe Einflussfaktoren zu berücksichtigen. Die Zusammenhänge konnten jedoch in der vorliegenden Forschungsarbeit nicht in der gewünschten Tiefe untersucht und anhand von verwertbaren Kennzahlen belegt werden. Problematisch war hier zum einen die Grobgliederung der Daten, so dass keine arbeitsplatzbezogene Beurteilung erfolgen konnte, und zum anderen, dass ein gezielter Einsatz von leistungsgewandelten Mitarbeitern an ergonomisch gut gestalteten bzw. verbesserten Arbeitsplätzen nicht erkennbar war. Für eine Optimierung der Personaleinsatzplanung wären Qualifizierungsmaßnahmen wünschenswert. Betriebliche Schwerpunkte sind neben Information und Kommunikation insbesondere die Etablierung sowie Verbreitung von Qualifizierungskonzepten und die Entstehung eines einheitlichen Berichtswesens zur Förderung einer zunehmenden Berücksichtigung der Ergonomie in die Unternehmenswelt.

Die Kennzahlen Qualität und Produktivität sind hinsichtlich ihrer Validität als sicher anzusehen, da sowohl auf Nutzen- als auch Kostenseite alle Informationen bereichsübergreifend in verschiedenen Systemen erstellt und dokumentiert wurden. Die Herausforderung bestand darin, diese zu ermitteln und für die Untersuchung aufzubereiten.

In der Praxis sollten die vorgestellten Berechnungsbeispiele im Entscheidungsprozess zukünftiger Investitionen gezielt eingesetzt werden, um unternehmerische Einsparungspotenziale durch die ergonomische Arbeitsplatzgestaltung darzulegen. Die Veränderung der F-Zeit und aufzubringende Anschaffungskosten, welche zudem meist etwas höher angesetzt oder durch den Einkauf nachverhandelt werden, sind mittels Hochrechnung betriebsinterner Daten prognostizierbar. Dagegen sind Qualitätsdefizite und Fehlerhäufigkeiten prospektiv nur schwer abschätzbar. Hierzu würde sich eine quantitative Studie zur Abschätzung etwaiger Korrelationen für prospektive Berechnungen anbieten.

6.2. Ausblick in weitere Forschungsthemen

Bewertung konzeptioneller Arbeitsplatzgestaltungsmaßnahmen

Die Gestaltung menschengerechter Arbeitsplätze entwickelt sich zukünftig für Unternehmen zu einem entscheidenden Einflussfaktor auf den Unternehmenserfolg (Bruder, 2013, S. 645). Der Fokus der vorliegenden Arbeit lag jedoch auf korrektive ergonomische Maßnahmen der Arbeitsplatzgestaltung. Ein weiterer Forschungsansatz könnte die Untersuchung einer möglichen Beeinflussung der Unternehmenskennzahlen durch konzeptionelle ergonomische Arbeitsplatzgestaltung sein. Nach vielfacher Optimierung u. a. in KVP-Prozessen reichen korrektive Maßnahmen bezugnehmend auf ökonomische und humane Verbesserungspotenziale nicht mehr aus. Daraus lässt sich schlussfolgern, dass eine kostengünstigere, konzeptionelle Ergonomie anzustreben ist (Schlick et al., 2010, S. 1130 f.). Im KVP werden alle Prozesse der einzelnen Unternehmensbereiche mit dem Ziel optimiert, die Arbeit zu verbessern und die Gesamtkosten zu senken. Darunter fallen Themen wie die Verbesserung der Arbeitssicherheit und Gesundheit, Ergonomie und Mitarbeitermotivation sowie Aspekte zur Wertschöpfung, Eliminierung der Verschwendung, Durchlaufzeitenreduzierung (vgl. Abele & Brungs, 2010), der Etablierung von Standards und die Absicherung von Prozessen. Produkt- bzw. prozessorientierte Änderungen bezüglich Ergonomiemaßnahmen sind dabei, wie bereits erläutert, weniger kostenintensiv als nachträgliche Umbau- bzw. Gestaltungsmaßnahmen des Arbeitsplatzes. Demzufolge ist es für Unternehmen von großer Bedeutung, die Ergonomie in den frühen Phasen des Produktentstehungsprozess zu betrachten (s. Kapitel 3.4.2). Dies zeigt, dass der hier geprüfte Ansatz eines ROI-Modells des Weiteren hinsichtlich einer Effizienzbeurteilung von Produktveränderungen im Hinblick positiver wirtschaftlicher Gesamteffekte untersucht werden sollte. Dabei eröffnet sich ein Spektrum für weitere Forschungen in Richtung einer konzeptionellen Berücksichtigung der Ergonomie im Produktentstehungsprozess.

Monetäre Bewertung ergonomischer Maßnahmen außerhalb der Fahrzeugmontage

Das Themengebiet der Arbeitswissenschaft und speziell der Produktionsergonomie bietet eine Reihe an Forschungsthemen, welche von unternehmerischem Interesse sind. Neben der Bewertung monetärer Effekte in der Fahrzeugmontage wäre ebenfalls eine wirtschaftliche Betrachtung von Arbeitsplätzen des Bürobereichs als weiteres Forschungsthema für Unternehmen anzustreben. Als Beispiel ist der flächendeckende Einsatz eines elektrisch höhenverstellbaren Sitz- und Steharbeitsplatzes als Bürostandard zu erwähnen. Zudem sind weitere Fertigungs- oder fertigungsnahe Bereiche wie Presswerk, Karosseriebau, Lackiererei und Logistik infolge unternehmerischer Forderungen hinsichtlich einer zunehmenden menschengerechten Gestaltung der Arbeitsplätze von bedeutendem Interesse.

Entwicklung eines Qualifizierungskonzeptes mit dem Baustein „gesundheitsorientierte Führung“

Der ROI als Steuerungs- und Führungsmittel kann nur erfolgreich wirken, wenn Führungskräfte im Hinblick eines wertschätzenden, gesundheitsgerechten und zugleich wertschöpfenden Einsatzes von Mitarbeitern sensibilisiert wurden. Um dies zu erreichen, besteht die Möglichkeit das Konzept der „gesundheitsorientierten Führung“ in ein Modul der Managementqualifizierung einzubetten. Die in dieser Qualifizierung festgelegten Module wären für den Erwerb einer sogenannten Führungslizenz demzufolge verpflichtend. Eine weitere Möglichkeit wäre die Etablierung eines zielgruppenspezifischen und modularen Schulungskonzeptes zum Thema Ergonomie, bei denen u. a. Führungskräfte, Planer, Mediziner nach jeweiligen Schwerpunkten qualifiziert werden. Der in dieser Forschungsarbeit entwickelte Ansatz soll zur wirtschaftlichen Beurteilung der Effizienz von ergonomischen Gestaltungsmaßnahmen eingesetzt werden. Je nach Führungsebene gilt dieses Instrument als Argumentationsgrundlage für sowohl ergonomische als auch effiziente Arbeitsplatzgestaltung. Durch die vorliegende Arbeit wird für Verantwortliche und Sachbearbeiter der verschiedenen Bereiche deutlich, dass sich Investitionen in die Weiterentwicklung von arbeitswissenschaftlichen Methoden und ergonomischer Hilfsmittel sowie in die direkte Umsetzung am Arbeitsplatz für das Unternehmen rechnen und zugleich auszahlen. Diese wirtschaftliche Betrachtung sollte sich nicht auf die Umsetzung einzelner Maßnahmen beschränken, sondern ein arbeitswissenschaftliches Verständnis über die betriebswirtschaftlichen Wirkungen auf unternehmerische Kennzahlen und damit verbundene Steigerungen des Unternehmenserfolgs erzeugen. Mittels ROI können Umsetzungsempfehlungen auch mit einer Staffelung von Fristen (kurz-, mittel- und langfristig) ausgesprochen und damit Prioritätsregeln abgeleitet werden.

Ermittlung eines Ursachen-Wirkungs-Zusammenhangs ergonomischer Arbeitsplatzgestaltung auf Gesundheit und Wohlbefinden der Belegschaft

Des Weiteren wäre eine Prüfung des Ausmaßes der ergonomischen Arbeitsplatzgestaltung auf die Gesundheit und des Wohlbefindens der Menschen besonders aus Blickwinkel des Personalwesens (z. B. Personaleinsatzplanung) von Belang. Mit Blick auf den demografischen Wandel und einer längeren Berufslebenszeit treten die Aspekte einer gesundheitsgerechten Arbeitsplatzgestaltung immer weiter in den Unternehmensmittelpunkt. In der Industrie ist das Bewusstsein für diese Themen in letzter Zeit deutlich gestiegen und sollte richtungsweisend in die Unternehmenskultur und -strukturen verankert werden. Bieneck (2003, S. 9) bezeichnet die Anpassung der Arbeitsbedingungen als Wettbewerbsvorteile im Weltmarkt, welche über Erfolg und Misserfolg der Unternehmen entscheiden. „Solchen Herausforderungen kann nur mit modernster Fertigungstechnik und qualifizierten, motivierten und gesunden Mitarbeitern begegnet werden.“ (Bieneck, 2003, S. 10)

Literaturverzeichnis

- Abele, E. & Brungs, F.** (2010). Durchlaufzeitoptimierung durch Produktoptimierung - Datenbankgestützte Anwendung von Designregeln. *Zeitschrift für wirtschaftlichen Fabrikbetrieb (ZWF)* 105 (3): 194-200.
- Abele, E. & Wolff, M. & Bechtloff, S.** (2010). Effektive Problemlösungsprozesse als Schlüssel zur Null-Fehler-Fertigung. *Productivity Management: Kompetenz in Produktion und Logistik* 15 (3): 40-42.
- Abele, E. & Reinhart, G.** (2011). Zukunft in der Produktion – Herausforderungen, Forschungsfelder, Chancen. München: Carl Hanser.
- Auch, M.** (1985). Menschengerechte Arbeitsplätze sind wirtschaftlich. Wirtschaftsvergleich und Arbeitssystemwertermittlung. Ein erweitertes Bewertungsverfahren. Stuttgart: Frauenhofer Gesellschaft.
- Balderjahn, I. & Specht, G.** (2011). Einführung in die Betriebswirtschaftslehre. 6. Auflage. Stuttgart: Schäffer-Pöschel.
- Beevis, D.** (2003). Ergonomics – Costs and Benefits Revisted. *Applied Ergonomics* 34: 491-496.
- Beevis, D. & Slade, I. M.** (2003). Ergonomics – Costs and benefits. *Applied Ergonomics* 34: 413-418.
- Bieneck, H.-J.** (2003). Neue Qualität der Arbeit im Spannungsfeld von Produktivität und Arbeitsbelastung. In: Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (Hrsg.). Neue Qualität der Arbeit im Spannungsfeld von Produktivität und Arbeitsbelastung. Strategische Beiträge zur Ganzheitlichen Arbeitsgestaltung. 2. Symposium des MTM-Instituts und der Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin am 27. Februar 2003 in Berlin. Schriftenreihe der Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin. Tagungsband 136: Dortmund u. a.: Wirtschaftsverlag NW: 9-15.
- Bokranz, R. & Landau, K.** (1991). Einführung in die Arbeitswissenschaft. Analyse und Gestaltung von Arbeitssystemen. Band 1619. Uni-Taschenbücher für Wissenschaft. Stuttgart: Eugen Ulmer.
- Brandenburg, U. & Domschke, J. P.** (2007). Die Zukunft sieht alt aus. Herausforderungen des demografischen Wandels für das Personalmanagement. Wiesbaden: Gabler.
- Brandenburg, U. & Nieder, P.** (2009). Betriebliches Fehlzeitenmanagement. Instrumente und Praxisbeispiele für erfolgreiches Anwesenheits- und Vertrauensmanagement. 2. Auflage. Wiesbaden: Gabler.
- Braun, M.** (2011). Kennzahlenorientierte Strategieentwicklung für das gesunde Unternehmen, Vortrag zum 32. Kongress für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (A+A 2011). Düsseldorf: 20. Oktober 2011.
- Bridger, B.** (2003). It pays to invest in ergonomic\$. *Health and safety work* 25 (5): 16-18.
- Britzke, B. & Zink, J.** (2001). Durchgängige Montageprozessgestaltung mittels MTM. In: K. Landau & H. Luczak (Hrsg.). Ergonomie und Organisation in der Montage. München u. a.: Hanser: 125-138.
- Bronner, A.** (1964). Vereinfachte Wirtschaftlichkeitsrechnung. Verband für Arbeitsstudien Refa e. V. Darmstadt (Hrsg.). Berlin u. a.: Beuth-Vertrieb.
- Bruder, R.** (2013). Zukunft der Gestaltung menschengerechter Arbeitssysteme. In: R. Stock-Homburg (Hrsg.). Handbuch Strategisches Personalmanagement. 2. Auflage. Wiesbaden: Springer: 631-649.

Brüggmann, M.; Luczak, H. & Schweres, M. (2003). Der Beitrag der Arbeitswissenschaft zur Weiterentwicklung von Arbeitsschutz und Gesundheitsförderung. In: Gesellschaft für Arbeitswissenschaft e. V. *Zeitschrift für Arbeitswissenschaft* 57 (3-4). Stuttgart: Ergonomia: 73-83.

Budde, R. (1973). Return on Investment. Rentabilitätsstrategie als Zielsystem. Berlin: Erich Schmidt.

Bullinger, H.-J. (1995). Arbeitsgestaltung. Personalorientierte Gestaltung marktgerechter Arbeitssysteme. In: H.-J. Bullinger (Hrsg.). *Technologiemanagement – Wettbewerbsfähige Technologieentwicklung und Arbeitsgestaltung*. Stuttgart: Teubner.

Daub, D. (1981). Praktisches Grundwissen über Return on Investment, Deckungsbeitragsrechnung, kurzfristige Ergebnisrechnung, Controlling und Cash Flow. Wie man die modernen betriebswirtschaftlichen Kontrollinstrumente im Unternehmen praktisch anwendet. 3. Auflage. Kissing: WEKA Media.

De Looze, M. P.; Urlings, I. J. M.; Vink, P.; Van Rhijn, J. W.; Miedema, M. C.; Bronkhorst, R. E. & Van der Grinten, M. P. (2001). Towards successful physical stress reducing products: an evaluation of seven cases. *Applied Ergonomics* 32: 525-534.

De Looze, M. P.; Vink, P.; Koningsveld, E. A. P.; Kuijt-Evers, L. & Van Rhijn, G. J. W. (2010). Cost-effectiveness of ergonomic intervention in production. *Human Factors and Ergonomics in Manufacturing and Service Industries* 20 (4): 316-323.

Domschke, W. & Scholl, A. (2008). Grundlagen der Betriebswirtschaftslehre. Eine Einführung aus entscheidungstheoretischer Sicht. 4. Auflage. Berlin u. a.: Springer.

Ducki, A. & Felfe, J. (2011). Führung und Gesundheit: Überblick. In: B. Badura; A. Ducki; H. Schröder; J. Klose & K. Macco (Hrsg.). *Fehlzeiten-Report 2011. Führung und Gesundheit. Zahlen, Daten, Analysen aus allen Branchen der Wirtschaft*. Berlin u. a.: Springer: VI-XII.

Dul, J.; Bruder, R.; Buckle, P.; Carayon, P.; Falzon, P.; Marras, W. S.; Wilson, J. R. & Van der Doelen, B. (2012). A strategy for human factors / ergonomics: developing the discipline and profession. *Ergonomics* 55 (4): 1-27.

Eklund, J. A. E. (1995). Relationships between ergonomics and quality in assembly work. *Applied Ergonomics* 26 (1): 15-20.

Elias, H. J. (1985). Menschengerechte Arbeitsplätze sind wirtschaftlich! Das GIT-Verfahren zur Humanvermögensrechnung. Eschborn: RKW-Verlag.

Esslinger, A. S.; Emmert, M. & Schöffski, O. (2010). Betriebliches Gesundheitsmanagement – Mit gesunden Mitarbeitern zum unternehmerischen Erfolg. 1. Auflage. Wiesbaden: Gabler.

Frieling, E. & Bechtold, J. (2003). Gruppenarbeit und Fehlermanagement – die Firma IWIS als gutes Beispiel. In: K. Landau (Hrsg.). *Good Practice – Ergonomie und Arbeitsgestaltung*. Sonderausgabe der Zeitschrift für Arbeitswissenschaft anlässlich des 50jährigen Bestehens der Gesellschaft für Arbeitswissenschaft. Stuttgart: Ergonomia: 179-194.

Fritzsche, L. (2010). Ergonomics Risk Assessment with Digital Human Models in Car Assembly: Simulation versus Real Life. *Human Factors and Ergonomics in Manufacturing & Service Industries* 20 (4): 287-299.

Frodl, A. (2012). Finanzierung und Investitionen im Gesundheitsbetrieb. Betriebswirtschaft für das Gesundheitswesen. 1. Auflage. Wiesbaden: Gabler.

Gerke, G. (2002). Effizienzbetrachtung in der Ergonomie. Untersuchungen zur Effizienz von ergonomischen Maßnahmen am Beispiel von Produktionsprozessen im Bereich der Automotive. In: M. Bauer (Hrsg.). *Aachener Beiträge für Consulting, Business und Management*. Aachen: Wissenschaftsverlag Mainz.

- GfA (Gesellschaft für Arbeitswissenschaft)** (1976). Arbeitswissenschaftliche Begriffe. Gesellschaft für Arbeitswissenschaft. Kommission für Arbeitswissenschaftliche Terminologie. Schriftenreihe Arbeitswissenschaft mit Sonderteil Arbeitsmittel. Band 4. 2. Ausgabe. Mainz: Krausskopf.
- Gregersen, S.; Kuhnert, S.; Zimmer, A. & Nienhaus, A.** (2011). Führungsverhalten und Gesundheit – Zum Stand der Forschung. In: Das Gesundheitsverhalten 73 (1): 3-12.
- Gretz, W.** (1971). Durch Kennziffernanalyse zum Geschäftserfolg. Return on Investment als Instrument der Unternehmenssteuerung. Stuttgart: Taylorix.
- Gretz, W.** (1996). Erfolgreiches Controlling durch Kennziffernanalyse. Return on Investment (ROI) als Leitkennzahl. Stuttgart: Taylorix.
- Grob, L.** (2006). Einführung in die Investitionsrechnung. Eine Fallstudiengeschichte. München: Vahlen.
- Grob, R.** (1983). Erweiterte Wirtschaftlichkeits- und Nutzenrechnung: duale Bewertung von Investitionen für Planungsalternativen. Köln: TÜV Rheinland.
- Großmann, K. & Laun, G.** (2002). Orthopädie und Arbeitsmedizin. Ergonomische Arbeitsplatzgestaltung im Fokus des betrieblichen Gesundheitsmanagements. *Orthopäde* 10 (31): 997-1005.
- Hacker, W.** (2009). Arbeitsgegenstand Mensch: Psychologie dialogisch-interaktiver Erwerbsarbeit. Ein Lehrbuch. Lengerich: Pabst Science Publishers.
- Hartmann, B. & Spallek, M.** (2009). Arbeitsbezogene Muskel-Skelett-Erkrankungen – Eine Gegenstandsbestimmung. *Arbeitsmed.Sozialmed.Umweltmed* 44 (8): 423-436.
- Hendrick, H. W.** (1996). Good Ergonomics Is Good Economics. *Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society 40th Annual Meeting*: 1-15.
- Hendrick, H. W.** (2003). Determining cost-benefits of ergonomics projects and factors that lead to their success. *Applied Ergonomics* 34: 419-427.
- Hien, W.** (2008). Irgendwann geht es nicht mehr. Älterwerden und Gesundheit im IT-Beruf. Studie im Auftrag der Hans-Böckler-Stiftung. Hamburg: VSA-Verlag.
- Höfer, K. & Berssem, F.** (2010). Alternde Belegschaften. In: D. Kroll & J. Dzudek (Hrsg.). Neue Wege des Gesundheitsmanagements. „Der gesunderhaltende Betrieb“ - Das Beispiel Raselstein. 1. Auflage. Wiesbaden: Gabler: 170-182.
- Jacob, H.; Toledo Munioz, M. B.; Busche, C. & Jendrusch, R.** (2010). Durchgängige Ergonomieabsicherung im Produktentstehungsprozess bei Volkswagen. In: Gesellschaft für Arbeitswissenschaft e. V. (Hrsg.). Mensch- und prozessorientierte Arbeitsgestaltung im Fahrzeugbau. Herbstkonferenz 2010 der Gesellschaft für Arbeitswissenschaft. Dortmund: GfA-Press: 63-68.
- Jancik, J. M.** (2002). Betriebliches Gesundheitsmanagement – Produktivität fördern, Mitarbeiter binden, Kosten senken. 1. Auflage. Wiesbaden: Gabler.
- Kirchner, J.-H. & Rohmert, W.** (1974). Ergonomische Leitregeln zur menschengerechten Arbeitsgestaltung. Katalog arbeitswissenschaftlicher Richtlinien über die menschengerechte Gestaltung der Arbeit (Bundesversorgungsgesetz (BVG) §§90, 91). München u. a.: Hanser.
- Kramer, I. & Bödeker, W.** (2008). Return on Investment im Kontext der betrieblichen Gesundheitsförderung und Prävention. Die Berechnung des prospektiven Return on Investment: eine Analyse von ökonomischen Modellen. Initiative Gesundheit und Arbeit - IGA.Report 16. BKK Bundesverband. Siegburg.

-
- Kroll, D.** (2010). Gesundheit als Führungsaufgabe. In: D. Kroll & J. Dzudek (Hrsg.). *Neue Wege des Gesundheitsmanagements. „Der gesunderhaltende Betrieb“ - Das Beispiel Rasselstein*. 1. Auflage. Wiesbaden: Gabler: 49-63.
- Kroll, D. & Dzudzek, J.** (2010). *Neue Wege des Gesundheitsmanagements. „Der gesunderhaltende Betrieb“ - Das Beispiel Rasselstein*. 1. Auflage. Wiesbaden: Gabler.
- Kropik, M.** (2009). *Produktionsleitsysteme in der Automobilfertigung*. Berlin u. a.: Springer.
- Krüger, W.; Müller, P. & Stegemann, K.** (1998). *Kosten-Nutzen-Analyse von Gesundheitsförderungsmaßnahmen*. Dortmund u. a.: Wirtschaftsverlag NW.
- Landau, K.** (2001). *Ergonomie und Leistungsvorgabe*. Schriftenreihe der Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin: Arbeitsschutz-Ergonomie-Normleistung-Strategische Beiträge zur ganzheitlichen Arbeitsgestaltung. Tagungsband 119. Dresden u. a.: Wirtschaftsverlag NW: 60-81.
- Landau, K.** (2002). *Ergonomie und Wirtschaftlichkeit – „rechnet“ sich die Arbeitsgestaltung?* In: Institut für angewandte Arbeitswissenschaft (IfaA). *Angewandte Arbeitswissenschaft. Zeitschrift für die Unternehmenspraxis* 172: 49-67.
- Landau, K.** (2004). *Ergonomie, Design und Kosten- / Nutzen Relationen*. In: R. Bruder (Hrsg.). *Ergonomie und Design*. Gesellschaft für Arbeitswissenschaft und Institut für Ergonomie und Designforschung. Tagungsband zur GfA Herbstkonferenz 2001 in Essen vom 07. bis 08. Oktober 2004. Stuttgart: ergonomia.
- Landau, K.; Wimmer, R.; Luczak, H.; Mainzer, J.; Peters, H. & Winter, G.** (2001). *Anforderungen an Montagearbeitsplätze*. In: K. Landau & H. Luczak (Hrsg.). *Ergonomie und Organisation in der Montage*. München u. a.: Hanser: 1-82.
- Landau, K.; Luczak, H.; Keith, H.; Rösler, D.; Schaub, K. & Winter, G.** (2002). *Innovative Konzepte – Bilanz erfolgreicher Veränderungen in der Arbeitsgestaltung und Unternehmensorganisation. Arbeitswissenschaftlicher Konzepte, Erfolgsfaktoren und Transfermechanismen für die Entwicklung und Verbreitung ganzheitlicher Innovationsprozesse*. Gefördert durch das Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF). Stuttgart: Ergonomia.
- Landau, K.; Winter, G. & Luczak, H.** (2004). *Zur Bilanz erfolgreicher Veränderungen in der ergonomischen Arbeitsgestaltung*. In: D. Spath (Hrsg.). *Forschungs- und Technologiemanagement. Potenziale nutzen – Zukunft gestalten*. München u. a.: Hanser.
- Laurig, W.** (1992). *Grundzüge der Ergonomie*. 4. Auflage. Berlin u. a.: Beuth.
- Lawaczek, M.** (2001). *Zur ergonomischen Beurteilung von Montagetätigkeiten in der Automobilindustrie*. Bericht aus dem Institut für Arbeitswissenschaft der Technischen Universität Darmstadt. In: K. Landau (Hrsg.). *Schriftenreihe Ergonomie*. Stuttgart: Ergon.
- Lenk, H. & Maring, M.** (1992). *Wirtschaftsethik – ein Widerspruch in sich selbst?* In: H. Lenk (Hrsg.). *Wirtschaft und Ethik*. Stuttgart: Reclam: 7-30.
- Lin, L.; Drury, C. G. & Kim, S.-W.** (2001). *Ergonomics Quality in Paced Assembly Lines*. *Human Factors and Ergonomics in Manufacturing* 11 (4): 377-382.
- Lins, F. & Britzke, B.** (2010). *Standardisierung und Ergonomie*. In: Gesellschaft für Arbeitswissenschaft e. V. (Hrsg.). *Mensch- und prozessorientierte Arbeitsgestaltung im Fahrzeugbau*. Herbstkonferenz 2010 der Gesellschaft für Arbeitswissenschaft. Dortmund: GfA-Press: 29-42.
- Löhr, R. W.** (1976). *Ergonomie: Grundlagen der Wechselbeziehungen zwischen Mensch, Technik und Umwelt*. Kamprath-Reihe kurz und bündig. Würzburg: Vogel-Verlag.

- Loth, S.; Schatt, N.; Pietsch, R. & Linsenmayer, J.** (2010). Ergonomie in der Fertigung. In: Gesellschaft für Arbeitswissenschaft e. V. (Hrsg.). Mensch- und prozessorientierte Arbeitsgestaltung im Fahrzeugbau. Herbstkonferenz 2010 der Gesellschaft für Arbeitswissenschaft. Dortmund: GfA-Press: 43-49.
- Luczak, H.; Volpert, W.; Raithel, A. & Schwier, W.** (1989). Arbeitswissenschaftliche Kerndefinition - Gegenstandskatalog Forschungsgebiete. 3. Auflage. Eschborn: RKW-Verlag.
- Lück, P.; Eberle, G. & Bonitz, D.** (2009). Der Nutzen des betrieblichen Gesundheitsmanagements aus der Sicht von Unternehmen. In: B. Badura, H. Schröder & C. Vetter (Hrsg.). Fehlzeiten-Report 2008. Zahlen, Daten und Analysen aus Branchen der Wirtschaft – Betriebliches Gesundheitsmanagement: Kosten und Nutzen. Heidelberg: Springer: 77-84.
- Luhn, K.; Landau, K. & Britzke, B.** (2003). Neue Qualität der Arbeit – planerische Umsetzung und neue Anforderungen an Arbeitsgestaltung und Personal. Neue Qualität der Arbeit im Spannungsfeld von Produktivität und Arbeitsbelastung. Schriftenreihe der Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin. Tagungsbericht 136. Bremerhaven: Wirtschaftsverlag NW.
- Mankiw, N. G. & Taylor, M. P.** (2012). Grundzüge der Volkswirtschaftslehre. 5. Auflage. Stuttgart: Schäffer-Pöschel.
- Metzger, H.** (1977). Planung und Bewertung von Arbeitssystemen in der Montage. Forschung und Praxis. Schriftenreihe aus dem Institut der Produktionstechnik und Automatisierung. Stuttgart: Krausskopf.
- Morschhäuser, M.** (2003). Alternsgerechte Gestaltung von Erwerbsverläufen. In: J. Peters & H. Schmittthener (Hrsg.). „Gute Arbeit“ Menschengerechte Arbeitsgestaltung als gewerkschaftliche Zukunftsaufgabe. Hamburg: VSA-Verlag: 140-147.
- Neubauer, W. & Rudow, B.** (2012). Trends in der Automobilindustrie. Entwicklungstendenzen, Betriebsratsarbeit, Steuer- und Fördertechnik, Gießereitechnik, Informationstechnologie und -systeme. München: Oldenbourg.
- Neubert, N.; Bruder, R. & Toledo Munioz, M. B.** (2012a). The charge of ergonomics - A model according to the influence of ergonomic workplace design for economical and efficient indicators of the automotive industry. *Work: A Journal of Prevention, Assessment and Rehabilitation* 41 (1): 4389-4395.
- Neubert, N.; Bruder, R. & Toledo Munioz, M. B.** (2012b). Der Zusammenhang zwischen ergonomischer Arbeitsplatzgestaltung und Qualitätsaspekten in der Automobilproduktion. In: Gesellschaft für Arbeitswissenschaft e. V. (Hrsg.). 28. Frühjahrskongress der Gesellschaft für Arbeitswissenschaft. Gestaltung nachhaltiger Arbeitssysteme. Dortmund: GfA-Press: 131-136.
- Parker, K. G.** (1995). Why ergonomics is good economics. *Industrial Engineering* 41: 41-47.
- Pereira da Silva, M.; Pruffer, C. & Amaral, F. G.** (2012). Is there enough information to calculate the financial benefits of ergonomics projects? *Work* 27 (2): 476-483.
- Phillips, J. J.** (2003). Return on investment in training and performance improvement programs. 2nd edition. Oxford: Butterworth-Heinemann.
- Phillips, J. J.; Beining, M. T. & Phillips, P. P.** (2008). Return on Investment in Meetings & Events: Tools and Techniques to Measure the Success of all Types of Meetings and Events. Oxford: Butterworth-Heinemann.
- Rinza, P. & Schmitz, H.** (1992). Nutzwert-Kosten-Analyse. Eine Entscheidungshilfe. 2. Auflage. Düsseldorf: VDI-Verlag.
- Rodrigues, C. C.** (2001). Ergonomics to the rescue: A cost-justification case study. *American society of safety engineers* 46 (4): 32-34.

- Rudow, B.** (2011). Die gesunde Arbeit. Arbeitsgestaltung, Arbeitsorganisation und Personalführung. 2. Auflage. München: Oldenbourg.
- Schaub, K. & Ghezel-Ahmadi, K.** (2007). Vom AAWS zum EAWS – ein erweitertes Screening-Verfahren für körperliche Belastungen. In: Gesellschaft für Arbeitswissenschaft e. V. (Hrsg.). 35. Kongress der Gesellschaft für Arbeitswissenschaft. Kompetenzentwicklung in realen und virtuellen Arbeitssystemen. Dortmund: GfA-Press: 601-604.
- Schaub, K.; Hüttmann, K.; Grunewald, B.; Hellwege, H.; Breitzkreutz, H. & Storz, W.** (2003). Ausgewählte Good Practice Beispiele aus dem neuen Opel Werk Rüsselsheim. In: K. Landau (Hrsg.). Good Practice – Ergonomie und Arbeitsgestaltung. Sonderausgabe der Zeitschrift für Arbeitswissenschaft anlässlich des 50-jährigen Bestehens der Gesellschaft für Arbeitswissenschaft. Stuttgart: Ergonomia: 53-72.
- Schaub, K.; Caragnano, G.; Britzke, B. & Bruder, R.** (2012). The European Assembly Worksheet. *Theoretical Issues in Ergonomics Science*: 1-21.
- Schierenbeck, H. & Wöhle, C. B.** (2012). Grundzüge der Betriebswirtschaftslehre. 18. Auflage. München: Oldenbourg.
- Schlick, C.; Bruder, R. & Luzcak, H.** (2010). Arbeitswissenschaft. 3. Auflage. Heidelberg u. a.: Springer.
- Schmalen, H. & Pechtl, H.** (2009). Grundlagen und Probleme der Betriebswirtschaft. 14. Auflage. Stuttgart: Schäffer-Pöschel.
- Schultetus, W.** (2004). Praxisrelevanz arbeitswissenschaftlicher Erkenntnisse – Anforderungen an die Unternehmen und wirtschaftlicher Nutzen. Dissertation. Eingereicht an der Fakultät für Maschinenbau der Technischen Universität Chemnitz.
- Sengotta, M. & Schweres, M.** (1994). Entwicklung und Evaluation eines Verfahrens der erweiterten Wirtschaftlichkeitsrechnung zur Bewertung komplexer Arbeitssysteme. Dortmund: Wirtschaftsverlag NW.
- Spelten, C.** (2007). Beitrag zur Berücksichtigung monetärer Kriterien bei der ergonomischen Arbeitsplatzgestaltung am Beispiel physischer Belastungen. Stuttgart: Ergonomia.
- Spelten, C. & Landau, K.** (2011). Ergonomie rechnet sich. Kosten-Nutzen-Aspekte alternsgerechter Arbeitsgestaltung. *Industrial Engineering* 3: 22-27.
- Toledo Munioz, B. & Lins, F.** (2010). Ergonomie im Volkswagen Konzern: Gewappnet für die Zukunft. In: Gesellschaft für Arbeitswissenschaft e. V. (Hrsg.). Mensch- und prozessorientierte Arbeitsgestaltung im Fahrzeugbau. Herbstkonferenz 2010 der Gesellschaft für Arbeitswissenschaft. Dortmund: GfA-Press: 19-27.
- Thiehoff, R.** (1997a). Einführung in das II. Volkswirtschaftliche Fachgespräch: Kosten und Nutzen des Arbeits- und Gesundheitsschutzes aus volkswirtschaftlicher Sicht. Neue Ansätze zur Kosten-Nutzen-Analyse des Arbeits- und Gesundheitsschutzes. Dortmund: Wirtschaftsverlag NW.
- Thiehoff, R.** (1997b). Neue Ansätze zur Kosten-Nutzen-Analyse des Arbeits- und Gesundheitsschutzes. In: Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (Hrsg.). Tagungsbericht Nr. 80. Bremerhaven: Wissenschaftsverlag NW.
- Töpfer, A.** (2007). Betriebswirtschaftslehre: anwendungs- und prozessorientierte Grundlagen. 2. Auflage. Berlin: Springer.
- Ugbebor, J. N. & Adaramola, S. S.** (2012). Evaluating the effectiveness of ergonomics application. *Work* 41: 484-486.
- Ulich, E. & Wülster, M.** (2009). Gesundheitsmanagement in Unternehmen. Arbeitspsychologische Perspektiven. 3. Auflage. Wiesbaden: Gabler.

-
- Varian, H.** (2011). Grundzüge der Mikroökonomik. 8. Auflage. München: Oldenbourg.
- Vink, P.; Koningsveld, E. A. P. & Molenbroek, J. F.** (2006). Positive outcomes of participatory ergonomics in terms of greater comfort and higher productivity. *Applied Ergonomics* 37: 537-546.
- Walter, U. & Münch, E.** (2009). Die Bedeutung von Fehlzeitenstatistiken für die Unternehmensdiagnostik. In: B. Badura (Hrsg.). Fehlzeiten-Report 2008. Zahlen, Daten und Analysen aus Branchen der Wirtschaft – Betriebliches Gesundheitsmanagement: Kosten und Nutzen. Heidelberg: Springer: 139-154.
- Warnecke, H. J.; Bullinger, H.-J.; Hichert, R. & Voegele, A.** (1991). Wirtschaftlichkeitsrechnung für Ingenieure. 2. Auflage. München u. a.: Carl Hanser.
- Westermayer, G. & Stein, B. A.** (2006). Produktivitätsfaktor Betriebliche Gesundheit. In: H.-W. Hoefert; U. Flick; M. Härter & H. P. Rosemeier (Hrsg.). Organisation und Medizin. Göttingen u. a.: Hogrefe.
- Winter, G.** (2011). Ergonomie-Werkzeuge zur Bewertung körperlicher Arbeit in der Montage vor dem Hintergrund eines betrieblichen Arbeits- und Gesundheitsschutzes. Stuttgart: Ergonomia.
- Wöhe, G. & Döring, U.** (2010). Einführung in die allgemeine Betriebswirtschaftslehre. München: Vahlen.
- Zangemeister, C.** (2000). Erweiterte Wirtschaftlichkeitsanalyse (EWA). Grundlagen, Leitfaden und PC-gestützte Arbeitshilfen für ein "3-Stufen-Verfahren" zur Arbeitssystembewertung. Dortmund u. a.: Wirtschaftsverlag NW.
- Zangemeister, C. & Nolting, H.-D.** (1999). Kosten-Wirksamkeits-Analyse im Arbeits- und Gesundheitsschutz: Einführung und Leitfaden für die betriebliche Praxis. Schriftenreihe Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (Hrsg.). Sonderschrift. Band 44, 3. Auflage. Dortmund u. a.: Wirtschaftsverlag NW.

Internetquellen

- BAuA (Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin)** (2007). Mit Sicherheit mehr Gewinn. Wirtschaftlichkeit von Sicherheit und Gesundheit bei der Arbeit.
URL: http://www.baua.de/de/Publikationen/Broschueren/A14.pdf?__blob=publicationFile, letzter Zugriff: 08.02.2013.
- BAuA (Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin)** (2008). Kosten für Arbeitsunfähigkeit – Volkswirtschaftliche Kosten durch Arbeitsunfähigkeit 2008.
URL: <http://www.baua.de/de/Informationen-fuer-die-Praxis/Statistiken/Arbeitsunfaehigkeit/Kosten.html>, letzter Zugriff: 24.04.2013.
- BAuA (Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin)** (2009). Kosten für Arbeitsunfähigkeit – Volkswirtschaftliche Kosten durch Arbeitsunfähigkeit 2009.
URL: <http://www.baua.de/de/Informationen-fuer-die-Praxis/Statistiken/Arbeitsunfaehigkeit/Kosten.html>, letzter Zugriff: 24.04.2013.
- BAuA (Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin)** (2010). Kosten für Arbeitsunfähigkeit – Volkswirtschaftliche Kosten durch Arbeitsunfähigkeit 2010.
URL: <http://www.baua.de/de/Informationen-fuer-die-Praxis/Statistiken/Arbeitsunfaehigkeit/Kosten.html>, letzter Zugriff: 23.04.2013.

Bruder, R.; Helfert, M. & Helbig, R. (2009). Arbeitswissenschaftliche Grundlagen zu strategischen Allianzen. URL: http://iad2.iad.maschinenbau.tu-darmstadt.de/downloads/StratAll_AP_1_2_Grundlagen_2009.pdf, letzter Zugriff: 30.03.2012.

DWT GmbH (2013). Informationen zu EC-Schrauber. URL: <http://www.dwt-gmbh.de/de/ecakkuschrauber.html>, letzter Zugriff: 14.03.2013.

Falck, A.; Örtengen, R. & Högberg, D. (2008). The influence of assembly ergonomics on product quality and productivity in car manufacturing – a cost-benefit approach. URL: http://www.his.se/PageFiles/2413/The_influence_of_assembly_ergonomics_on_product_quality_and_productivity_in_car_manufacturing.pdf, letzter Zugriff: 24.01.2013.

Landau, K. (1999). Arbeitsgestaltung in der Industrie rechnet sich. In: U. Nickel (Hrsg.). Ergonomie in der Industrie. BKK Symposium. Frankfurt. URL: http://www.gesundesarbeiten-tirol.at/downloads/Arbeitsgestaltung_in_der_Industrie_rechnet_sich.pdf, letzter Zugriff: 10.02.2013.

Rautenstrauch, T. (2008). Kennzahl ROI (Return on Investment) auf dem Prüfstand. URL: http://www.managementpraxis.ch/praxistipp_view.cfm?nr=103, letzter Zugriff: 30.04.2012.

Gesetze und Richtlinien

ArbSchG (1996). Gesetz über die Durchführung von Maßnahmen des Arbeitsschutzes zur Verbesserung der Sicherheit und des Gesundheitsschutzes der Beschäftigten bei der Arbeit (Arbeitsschutzgesetz – ArbSchG). Vom 07. August 1996 (BGBl. I S. 1256). Zuletzt geändert durch Art. 15 Abs. 89 G v. 5. Februar 2009 (BGBl. I S. 160). URL: <http://www.gesetze-im-internet.de/bundesrecht/arbschg/gesamt.pdf>, letzter Zugriff: 14.08.2012.

ArbStättV (2004). Verordnung über Arbeitsstätten (Arbeitsstättenverordnung – ArbStättV). Vom 12. August 2004 (BGBl. I S. 2179). Zuletzt geändert durch Art. 4 der Verordnung vom 19. Juli 2010 (BGBl. I S. 960). URL: http://www.gesetze-im-internet.de/bundesrecht/arbst_ttv_2004/gesamt.pdf, letzter Zugriff: 14.08.2012.

ASiG (1973). Gesetz über Betriebsärzte, Sicherheitsingenieure und andere Fachkräfte für Arbeitssicherheit. Vom 12. Dezember 1973 (BGBl. I S. 1885). Zuletzt geändert durch Art. 226 der Verordnung vom 31. Oktober 2006 (BGBl. I S. 2407). URL: <http://www.gesetze-im-internet.de/bundesrecht/asig/gesamt.pdf>, letzter Zugriff: 14.08.2012.

BaustellV (1998). Verordnung über Sicherheit und Gesundheitsschutz auf Baustellen (Baustellenverordnung – BaustellV). Vom 10. Juni 1998 (BGBl. I S. 1283). Zuletzt geändert durch Art. 15 der Verordnung vom 23. Dezember 2004 (BGBl. I S. 3758). URL: <http://www.gesetze-im-internet.de/bundesrecht/baustellv/gesamt.pdf>, letzter Zugriff: 14.08.2012.

BetrVG (1972). Grundlegende Ordnung der Zusammenarbeit von Arbeitgeber und der von den Arbeitnehmern gewählten betrieblichen Interessenvertretung (Betriebsverfassungsgesetz – BetrVG). Vom 25. September 2001 (BGBl. I S. 2518). Zuletzt geändert durch Art. 9 der Verordnung vom 29. Juli 2009 (BGBl. I S. 2424). URL: <http://www.gesetze-im-internet.de/bundesrecht/betrvg/gesamt.pdf>, letzter Zugriff: 14.08.2012.

BildscharbV (1996). Verordnung über Sicherheit und Gesundheitsschutz bei der Arbeit an Bildschirmgeräten (Bildschirmarbeitsverordnung . BildscharbV). Vom 04. Dezember 1996 (BGBl. I S. 1843). Zuletzt geändert durch Art. 7 der Verordnung vom 18. Dezember 2008 (BGBl. I S. 2768). URL: <http://www.gesetze-im-internet.de/bundesrecht/bildscharbv/gesamt.pdf>, letzter Zugriff: 14.08.2012.

EU-Rahmenrichtlinie Arbeitsschutz (1989). Richtlinie 89/391/EWG des Rates über die Durchführung von Maßnahmen zur Verbesserung der Sicherheit und des Gesundheitsschutzes der Arbeitnehmer bei der Arbeit. Vom Juni 1989 (ABl. EG Nr. L 183, S. 1). Zuletzt geändert durch Artikel 1 der Verordnung von 22. Oktober 2008 (ABl. EG L 311, S. 1). In Kraft getreten am 11. Dezember 2008). URL: http://www.gaa.baden-wuerttemberg.de/servlet/is/16050/1_1_1.pdf, letzter Zugriff: 14.08.2012.

LastenhandhabV (1996). Verordnung über Sicherheit und Gesundheitsschutz bei der manuellen Handhabung von Lasten bei der Arbeit (Lastenhandhabungsverordnung – LastenhandhabV). Vom 04. Dezember 1996 (BGBl. I S. 1842). Zuletzt geändert durch Art. 436 der Verordnung vom 31. Oktober 2006 (BGBl. I S. 2407). URL: <http://www.gesetze-im-internet.de/bundesrecht/lasthandhabv/gesamt.pdf>, letzter Zugriff: 14.08.2012.

Maschinenrichtlinie 89/392/EWG (1989). Maschinenrichtlinie 89/391/EWG des Rates vom 12. Juni 1989 über die Durchführung von Maßnahmen zur Verbesserung der Sicherheit und des Gesundheitsschutzes bei der Arbeit. Vom 12. Juni 1989 (ABl. EG Nr. L 183, S. 1). Zuletzt geändert durch Artikel 1 der Verordnung vom 22. Oktober 2008 (ABl. EG L 311, S. 1). In Kraft getreten am 11. Dezember 2008. URL: http://www.gaa.baden-wuerttemberg.de/servlet/is/16050/1_1_1.pdf, letzter Zugriff: 14.06.2013.

SGB V (1988). Sozialgesetzbuch (SGB) Fünftes Buch (V) – Gesetzliche Krankenversicherung. Art. 1. des Gesetzes von 20. Dezember 1988, BGBl. I S. 2477. Zuletzt geändert durch Art. 4 des Gesetzes vom 21. Juli 2012 (BGBl. I S. 1613). URL: http://www.gesetze-im-internet.de/bundesrecht/sgb_5/gesamt.pdf, letzter Zugriff: 14.08.2012.

SGB VII (1996). Sozialgesetzbuch (SGB) Siebtes Buch (VII) – Gesetzliche Unfallversicherung. Art. 1 des Gesetzes vom 07. August 1996, BGBl. I S. 1254. Zuletzt geändert durch Art. 2b des Gesetzes vom 21. Juli 2012 (BGBl. I S. 1601). URL: http://www.gesetze-im-internet.de/bundesrecht/sgb_7/gesamt.pdf, letzter Zugriff: 14.08.2012.

SGB IX (2001). Sozialgesetzbuch (SGB) Neuntes Buch (IX) – Rehabilitation und Teilhabe behinderter Menschen. Art. 1 des Gesetzes vom 19. Juni 2011, BGBl. I S. 1046. Zuletzt geändert durch Art. 3 des Gesetzes vom 14.12.2012. URL: http://www.gesetze-im-internet.de/bundesrecht/sgb_9/gesamt.pdf, letzter Zugriff: 22.01.2013.

Normen

DIN 55350-11 (2008). Begriffe zum Qualitätsmanagement - Teil 11: Ergänzung zu DIN EN ISO 9000:2005. Deutsche Norm. Ersatz für DIN EN 55350-11:1995-08.

DIN EN 614-1 (2009). Sicherheit von Maschinen – Ergonomische Gestaltungsgrundsätze – Teil 1: Begriffe und allgemeine Leitsätze. Deutsche Fassung EN 614-1:2006+A1:2009. Ersatz für DIN EN 614-1:2006-07.

DIN EN 1005-2 (2009). Sicherheit von Maschinen – Menschliche körperliche Leistung – Teil 2: Manuelle Handhabung von Gegenständen in Verbindung mit Maschinen und Maschinenteilen. Deutsche Fassung EN 1005-2: 2003+A1:2008. Ersatz für DIN EN 1005-2:2003-09.

DIN EN 1005-3 (2009). Sicherheit von Maschinen – Menschliche körperliche Leistung – Teil 3: Empfohlene Kraftgrenzen bei Maschinenbetätigung. Deutsche Fassung EN 1005-2: 2003+A1:2008. Ersatz für DIN EN 1005-3:2002-05.

DIN EN 1005-4 (2009). Sicherheit von Maschinen – Menschliche körperliche Leistung – Teil 4: Bewertung von Körperhaltungen und Bewegungen bei der Arbeit an Maschinen. Deutsche Fassung EN 1005-4: 2005+A1:2008. Ersatz für DIN EN 1005-4:2005-08.

DIN EN 1005-5 (2007). Sicherheit von Maschinen – Menschliche körperliche Leistung – Teil 5: Risikobeurteilung für kurzzyklische Tätigkeiten bei hohen Handhabungsfrequenzen. Deutsche Fassung EN 1005-5:2007.

DIN EN ISO 10075-1 (2000). Ergonomische Grundlagen bezüglich psychischer Arbeitsbelastung. Teil 1: Allgemeines und Begriffe. Deutsche Fassung EN ISO 10075-1:2000. Ersatz für ISO 10075-1: 1991.

DIN EN ISO 10075-2 (2000). Ergonomische Grundlagen bezüglich psychischer Arbeitsbelastung. Teil 2: Gestaltungsgrundsätze. Deutsche Fassung EN ISO 10075-2:2000. Ersatz für ISO 10075-2:1996.

DIN EN ISO 10075-3 (2000). Ergonomische Grundlagen bezüglich psychischer Arbeitsbelastung. Teil 3: Grundsätze und Anforderungen an Verfahren zur Messung und Erfassung psychischer Arbeitsbelastung. Deutsche Fassung EN ISO 10075-4:2004. Ersatz für ISO 10075-3: 2004.

Volkswageninterne Quellen

Volkswagen AG (2013a). Auswertung aus Personaldatenbank. Seitens Personalwesen zur Verfügung gestellt. Verfasser: K-SDB-3.

Volkswagen AG (2013b). Daten wurden seitens Personal Service Unit zur Verfügung gestellt. Verfasser: PWS-1/5.

Volkswagen AG (2013c). Verwendete Daten aus dem System Arbeitsplan der Volkswagen AG. Verfasser: K-PPI.

Volkswagen AG (2013d). Verwendete Daten aus System FIS-eQS der Volkswagen AG. Seitens Fertigungssteuerung zur Verfügung gestellt. Verfasser: PWL-F.

Volkswagen AG (2012a). IE-Grundschein - Modul 2b. Schulungsunterlage Einführung Qualität im Prozess. Verfasser: K-PPD-T.

Volkswagen AG (2012b). IE-Grundschein - Modul 2a. Schulung KVP-Kaskade Stufe 1 / 2 für Planer / IE. Verfasser: K-PPD-T.

Volkswagen AG (2012c). IE-Grundschein - Modul 4. Planerschulung KVP-Kaskade Stufe 1 / 2 (Mini-Fabrik). Verfasser: K-PPD-T.

Volkswagen AG (2012d). Auszug bzw. verwendete Daten aus dem System Arbeitsplan der Volkswagen AG. Verfasser: K-PPI.

Volkswagen AG (2012e). Auszug aus dem System Arbeitsplan der Volkswagen AG. Seitens Industrial Engineering Methoden zur Verfügung gestellt. Verfasser: K-PPI-I/1.

Volkswagen AG (2012f). Regelwerk zur standardisierten Analyse von physischen Belastungen an Arbeitsplätzen im Volkswagen Konzern. Version 1.0. Verfasser: K-PPI.

Volkswagen AG (2012g). Informationen seitens Betriebsmanagement zur Verfügung gestellt. Verfasser: PW1/WDAC.

Volkswagen AG (2012h). Verwendete Daten aus dem System FIS-eQS der Volkswagen AG. Seitens Volkswagen-Weg und Prozessoptimierung zur Verfügung gestellt. Verfasser: PW1-MS/V.

Volkswagen AG (2012i). Weißbuch Montage. Version 2.0. Verfasser: K-PPD-M.

Volkswagen AG (2010a). Ermittlung der Gesundheitsquote / Statistik. Seitens Personalwesen zur Verfügung gestellt. Verfasser: K-SDB-3.

Volkswagen AG (2010b). Standardisierter Prozessplan – Definitionsunterlage V3. Seitens Industrial Engineering Methoden zur Verfügung gestellt. Verfasser: K-PPI-I/1.

Volkswagen AG (2010c). Systematik Tätigkeitseinschränkungen bei Volkswagen. Seitens Personalwesen zur Verfügung gestellt. Verfasser: K-SDD/1.

Sonstiges

AMI & IAD (Associazione MTM Italia & Institut für Arbeitswissenschaft Darmstadt) (2012). EAWS-Lehrgangsunterlage. Associazione MTM Italia und Institut für Arbeitswissenschaft Darmstadt (Hrsg.).

DMTM (Deutsche MTM-Vereinigung e. V.) (2012) EAWS – Ergonomic Assessment Worksheet Lehrgangsunterlage. Hamburg: Deutsche MTM-Vereinigung e. V.

DMTM (Deutsche MTM-Vereinigung e. V.) (2008). MTM-1 Lehrgangsunterlage. Hamburg: Deutsche MTM-Vereinigung e.V.

DMTM (Deutsche MTM-Vereinigung e. V.) (2004). Original MTM-UAS-Karte. Urheberrechte MTM-Institut.

IAD & AMI (Institut für Arbeitswissenschaft Darmstadt) & Associazione MTM Italia (2012). Ergonomic Assessment Worksheet. Version 1.3.3. Institut für Arbeitswissenschaft Darmstadt und Associazione MTM Italia (Hrsg.).

Anhang

A. Gesetzliche und staatliche Regulierungsinstrumente

Tabelle 29: Gesetzliche und staatliche Regulierungsinstrumente zur ergonomischen Arbeitsplatzgestaltung (eigene Darstellung nach Spelten, 2007, S. 21 ff.)

Gesetzlicher Arbeits- und Gesundheitsschutz	EU ¹⁶ -Rahmenrichtlinie Arbeitsschutz (89/391/EWG) vom 12. Juni 1989 und weitere Einzelrichtlinien August 1996 in Kraft treten des Arbeitsschutzgesetzes und darauf gestützter Rechtsverordnungen
Arbeitsschutzgesetz (ArbSchG)	§3 und §5: Verpflichtung des Arbeitgebers zur Untersuchung der Arbeitsplätze auf eigene Kosten, Maßnahmen zu treffen und auf Wirksamkeit zu prüfen §4(3): Berücksichtigung von gesicherten wissenschaftlichen Erkenntnissen bei Arbeitsschutzmaßnahmen
Lastenhandhabungsverordnung (LasthandhabV)	§2: Verpflichtung des Arbeitgebers manuelle Handhabung von kritischen Lasten durch die Beschäftigten mithilfe geeigneter organisatorischer Maßnahmen oder Arbeitsmittel möglichst gering zu halten Für den Fall der Unvermeidbarkeit verweist die Verordnung auf einen Katalog ergonomischer Kriterien mit Gestaltungsmaßnahmen zur Risikominderung.
Arbeitsstättenverordnung (ArbStättV)	§3(1): Verpflichtung des Arbeitgebers Arbeitsstätten so einzurichten, dass von ihnen keine Gefährdung für Sicherheit und Gesundheit der Mitarbeiter resultieren
Weitere Regelungen	Bildschirmarbeitsverordnung (BidscharbV) Baustellenverordnung (BaustellV)
Kontrolle des gesetzlichen Arbeitsschutzes	Staatliche Ämter für Arbeitsschutz / Gewerbeaufsichtsämter, Berufsgenossenschaften und bei technischen Fragestellungen die technischen Überwachungsvereine (TÜV)

¹⁶ Europäische Union (EU).

Berufsgenossenschaften (BGen) und Krankenkassen	<p>BGen: Körperschaften des öffentlichen Rechts und Träger der gesetzlichen Unfallversicherung (SGB VII §1(1); SGB V §20)</p> <p>Krankenkassen (SGB V §20) unterstützen und informieren als Initiatoren für ergonomische Maßnahmen.</p>
Firmeninterne Regelungen	Unternehmen steht die Ausgestaltung der Forderungen nach dem ArbSchG grundlegend frei.
Betriebliche Mitbestimmung	<p>Betriebsverfassungsgesetz (BetrVG) §80(1)1 und §89(1): Bezugnehmend zum Arbeitsschutz hat der Betriebsrat Unterstützungs- und Überwachungsrechte.</p> <p>§90 und §91: Unterrichts-, Beratungs- und Mitbestimmungsrechte bei Neu- und Umgestaltung von Arbeitsplätzen und Arbeitsabläufen</p> <p>§90(2) und §91: Arbeitgeber und Betriebsrat berücksichtigen dabei fundierte arbeitswissenschaftliche Erkenntnisse über die menschengerechte Arbeitsgestaltung.</p>
Betriebliches Vorschlagwesen	Ideenmanagement, KVP- & 3P-Workshops
Weitere Anlässe	Beitragsdifferenzierung der BGen, direkte Subventionierungen als mögliche Förderungsmittel für den Arbeitsschutz, staatliche Subventionen und Steuerreduzierungen

B. Systematische Erfassung der Tätigkeitseinschränkungen bei Volkswagen

Tabelle 30: Nach Clustern abgebildete Tätigkeitseinschränkungen (eigene Darstellung nach Volkswagen AG, 2010c)

Grundkörperhaltung	A1	vorwiegend sitzend
	A2	mit Gelegenheit zum Sitzen
	A3	wechselnde Körperhaltung (sitzen-stehen-gehen)
	A4	ohne lange / häufige Gehstrecken
Arbeitszeit	B1	keine 2 Schichten
	B2	keine 3 Schichten
	B3	keine Dauernachtschicht
Arbeitsorganisation	C1	ohne Taktbindung
	C2	ohne Zeitdruck
	C3	überschaubarer Bereich / Aufgabe
	C4	ohne besondere Verantwortung
	C5	ohne besondere Anforderung / Konzentrationsvermögen
	C6	Einhaltung Rotationsvorgabe
Körperhaltung	D1	ohne langes / häufiges Bücken / Beugen
	D2	kein häufiges Beugen
	D3	kein häufiges Knien
	D4	nicht Schulterniveau
	D5	nicht über Kopf
	D6	keine verdrehte Haltung
Lastenhandhabung	E1	kein schweres Heben und Tragen

Umgebungseinflüsse	F1	hautbelastende Stoffe
	F2	starke Verschmutzungen
	F3	allergieauslösende Substanz
	G1	ohne Lärm
	G2	ohne Hitze
	G3	ohne Gas / Rauch
	G4	ohne Vibrationen
	G5	ohne Kälte, Nässe etc.
Spezielle Gefährdungen	H1	Augen
	H2	ohne Unfallgefahr
	H3	ohne Hammer, Schrauber
	H4	elektromagnetische Felder (z. B. Herzschrittmacher)
Sinnesorgane	I1	Sehvermögen beachten
	I2	räumliches Sehvermögen beachten
	I3	Farbsehvermögen beachten
	I4	kein Dämmerungssehen
	I5	Hörvermögen beachten
Extremitäten	K1	Fingerfertigkeit beachten
	K2	Hand- / Armprobleme rechts / links
Besondere Hinweise	L1	Körpergröße > 185 cm
	L2	Körpergröße < 165 cm
	M1	Unterziehhandschuhe
	M2	Sehhilfe nutzen
	M3	Schutzhandschuhe tragen
	M4	Gehörschutz tragen
Sonstiges	N	Ergänzung zum Eignungsprofil

C. Auswertung FIS-eQS-Daten des Jahres 2011

Tabelle 31: Auswertung der Fehlerdaten aus FIS-eQS zum Gesamtjahr 2011 (eigene Darstellung nach Volkswagen AG, 2012h)

Montage- linie	Häufigster Fehler	Zweithäufigster Fehler	Dritthäufigster Fehler
Team 1	Steuergerät Verschraubung n. i. O.	Entlüftungsrahmen Karosserie nicht verrastet	Kugelbolzen hinten Verschraubung n. i. O.
Team 2	Klemmleiste Nietver- bindung n. i. O.	Auflage für Puffer Heck- klappe fehlt	Rückfahrkamera Stopfen fehlt
Team 3	Dichtung Heckklappe beschädigt	Dichtung Heckklappe liegt nicht an	Klemmleiste Wasserab- weiser Nietverbindung n. i. O.
Team 4	Hauptleitungssatz Clip / Klammer n. i. O.	Stempel für Kopfairbag- sensor fehlt	Zentralstecker für Leitungssatz Tür nicht verrastet
Team 5	Stempel für Steuergerät fehlt	Wärmeabschirmung für Hydraulikeinheit Verras- tung n. i. O.	A-Säule Masseverbindung lose
Team 6	Plusleitung an Elektrik Motorraum Box lose	Masseverbindung Längsträger M6 lose	Zentralstecker Elektrik Motorraum Box lose
Team 7	Stempel für Massever- bindung A-Säule fehlt	Verdrilltülle für Heckklappe lose	Zusatzbremslicht Verrastung n. i. O.
Team 8	Sonnenblende Verrastung fehlt	Haltegriff lose	Verkleidung A-Säule lose
Team 9	Führungsprofil für Stoß- fänger Spiel / Passung n. i. O.	Abstützung für Motorlager lose	Behälter für Scheiben- waschanlage undicht
Team 10	Koppelstück - Bremsdruck- leitung an Unterboden lose	Handbremsseil falsch	Handbremsseil nicht verrastet
Team 11	Stempel für Lenkung verbinden fehlt	Kreuzgelenk lose	Niveaugeber Leuchtweiten- regulierung nicht gesteckt
Team 12	Starter Stecker nicht verrastet	Inlinestecker für Motorleitungssatz hakt	Kühlmittelschlauch Verrastung n. i. O.
Team 13	Wischermotor lose	Batteriekonsole lose	Blende für Türeinstieg Clip / Klammer n. i. O.
Team 14	Verkleidung für Fenster- rahmen nicht verrastet	Verkleidung für Fenster- rahmen Clip / Klammer n. i. O.	Wasserabweiser für A-Säule n. i. O.
Team 15	Rückleuchteneinheit Bündigkeit n. i. O.	Rückleuchteneinheit Spaltmaß n. i. O.	Bremsflüssigkeit fehlt
Team 16	Protokoll Spreize Fehlermeldung	Verzurrüse lose	Verzurröse Verschraubung n. i. O.

Montage- linie	Häufigster Fehler	Zweithäufigster Fehler	Dritthäufigster Fehler
Team 17	Seitenverkleidung Mittelkonsole lose	Zusammenbau Sitzbank Gewinde beschädigt	Seitenverkleidung Laderaum lose
Team 18	Faltenbalg für Tür lose	Fahrerairbag für Tür lose	Schalthebelknopf lose
Team 19	Stoßfänger hinten Verschraubung n. i. O.	Radhausschale vorn lose	Stoßfänger vorn Verschraubung n. i. O.
Team 20	Kältemittel fehlt	Luftfiltereinheit lose	Schlauch Ansaugluft Verrastung n. i. O.
Team 21	Verkleidung für Heck- klappe Clip / Klammer n. i. O.	Kältemittel fehlt	Verkleidung für Heck- klappe liegt an / steht ab
Team 22	Tür vorn Bündigkeit n. i. O.	Rückleuchteneinheit Bündigkeit n. i. O.	Tür hinten Bündigkeit n. i. O.
Team 23	Scheinwerfer falsch eingestellt	Lenkwinkelsensor falsch eingestellt	Lenkwinkelsensor n. i. O. / ohne Funktion
Team 24	Stempel für Achsenlen- kungsspur fehlt	Protokoll Leerlauf Einstellung und Prüfung Fehlermeldung	Bremswirkung ungleich- mäßig

D. Auswertung FIS-eQS-Daten des Jahres 2012

Tabelle 32: Auswertung der Fehlerdaten aus FIS-eQS zum Gesamtjahr 2012 (eigene Darstellung nach Volkswagen AG, 2013d)

Montage- linie	Häufigster Fehler	Zweithäufigster Fehler	Dritthäufigster Fehler
Team 1	A-Säule Clip / Klammer fehlt	Wasserkasten Stopfen fehlt	Steuergerät Verschraubung n. i. O.
Team 2	Wasserablauf vorn Stopfen fehlt	Klemmleiste für Wasser- abweiser A-Säule Nietverbindung lose	Auflage für Puffer Heck- klappe fehlt
Team 3	Dichtung Heckklappe beschädigt	Dichtung Heckklappe liegt nicht an	Klemmleiste Wasserab- weiser Nietverbindung lose
Team 4	Koppelstecker Tür Verrastung n. i. O.	Stempel für Kopfairbag- sensor fehlt	Seitenverkleidung Mittel- konsole Halter fehlt
Team 5	Stempel für Steuergerät fehlt	Wärmeabschirmung für Hydraulikeinheit Verrastung n. i. O.	Gurthöhenverstellung lose
Team 6	Plusleitung an Elektrik Motorraum Box lose	Stempel für Kopfairbag fehlt	A-Säule Masseverbindung lose
Team 7	Stempel für Masseverbindung A-Säule fehlt	Zusatzbremsleuchte Verrastung n. i. O.	Faltenbalg für Heckklappe lose
Team 8	Verkleidung B-Säule Bündigkeit n. i. O.	Verkleidung A-Säule lose	Verkleidung A-Säule Bündigkeit n. i. O.
Team 9	Führungsprofil für Stoßfänger Spiel / Passung n. i. O.	Führungsprofil für Stoßfänger beschädigt	K6-Klimaleitung an Expansionsventil (Druckseite) Verschraubung n. i. O.
Team 10	Koppelstück - Bremsdruckleitung an Unterboden lose	Unterbodenverkleidung lose	Stopfen Unterboden Montage fehlt
Team 11	Niveaugeber Leuchtweitenregulierung nicht gesteckt	Stempel für Lenkung verbinden fehlt	Deformationselement hinten Verschraubung n. i. O.
Team 12	Batterieverkleidung Verrastung n. i. O.	Batteriekonsole Verschraubung n. i. O.	Kältemittelschlauch Heizung Rücklauf Verrastung n. i. O.
Team 13	Verkleidung für Fenster- rahmen Heckklappe lose	Verkleidung für Fenster- rahmen Heckklappe Clip / Klammer n. i. O.	Verkleidung Heckklappe Verrastung n. i. O.

Montage- linie	Häufigster Fehler	Zweithäufigster Fehler	Dritthäufigster Fehler
Team 14	Schottplatte Verschraubung n. i. O.	Verkleidung für Fenster- rahmen Heckklappe lose	Sitzraiser Verschraubung n. i. O.
Team 15	Stoßfänger hinten Verrastung fehlerhaft	Bremsflüssigkeit fehlt	Stoßfänger hinten lose
Team 16	Verzurröse Verschraubung n. i. O.	Bremsflüssigkeit fehlt	Kühlmittelschlauch Verrastung n. i. O.
Team 17	Seitenverkleidung Mittelkonsole lose	Zusammenbau Sitzbank Gewinde beschädigt	Seitenverkleidung Laderaum lose
Team 18	Faltenbalg für Tür lose	Deckel Ablage Mittelkon- sole fehlt / n. i. O. verbaut	Stoßfänger hinten Verschraubung n. i. O.
Team 19	Stempel für Lenkradver- schraubung fehlt	Faltenbalg Tür lose	Stoßfänger hinten Verschraubung n. i. O.
Team 20	Kältemittel fehlt	Luftfiltereinheit lose	Schlauch Ansaugluft Verrastung n. i. O.
Team 21	Stoßfänger hinten Bündigkeit n. i. O.	Tür vorn Schließkraft zu hoch	Tür vorn fällt
Team 22	Stoßfänger hinten Bündigkeit n. i. O.	Frontklappe Spaltmaß n. i. O.	Tür vorn Schließkraft zu hoch
Team 23	Scheinwerfer falsch eingestellt	Sensor Lenkwinkel falsch eingestellt	Einstellung Spur nicht einstellbar
Team 24	Protokoll Leerlauf Einstellung und Prüfung Fehlermeldung	Stempel für Achsenlen- kungsspur fehlt	Protokoll Leerlauf Einstellung und Prüfung fehlt

E. Ergonomic Assessment Worksheet Version V1.3.3

Ergonomic Assessment Worksheet V1.3.3																																																																																																																														
Werk		Geschlecht Werker/in m <input type="checkbox"/> w <input type="checkbox"/>				Körpergröße																																																																																																																								
Linie		MTM-Analyse				Analyst																																																																																																																								
Arbeitsplatz/-aufgabe		Takt-/Zykluszeit [sec]				Datum																																																																																																																								
Gesamtergebnis der Analyse:																																																																																																																														
<input type="checkbox"/> Grün <input type="checkbox"/> Gelb <input type="checkbox"/> Rot		<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 15%;">Gesamtkörper</td> <td style="width: 5%;">=</td> <td style="width: 15%;">Haltung</td> <td style="width: 5%;">+</td> <td style="width: 15%;">Kräfte</td> <td style="width: 5%;">+</td> <td style="width: 15%;">Lasten</td> <td style="width: 5%;">+</td> <td style="width: 15%;">Extra</td> <td style="width: 15%;">Obere Extremit.</td> </tr> <tr> <td> </td> <td>=</td> <td> </td> <td>+</td> <td> </td> <td>+</td> <td> </td> <td>+</td> <td> </td> <td> </td> </tr> </table>								Gesamtkörper	=	Haltung	+	Kräfte	+	Lasten	+	Extra	Obere Extremit.		=		+		+		+																																																																																																			
Gesamtkörper	=	Haltung	+	Kräfte	+	Lasten	+	Extra	Obere Extremit.																																																																																																																					
	=		+		+		+																																																																																																																							
EAWS Bewertung	0-25 Punkte	Grün	Niedriges Risiko: empfehlenswert; Maßnahmen nicht erforderlich																																																																																																																											
	>25-50 Punkte	Gelb	Mögliches Risiko: nicht empfehlenswert; Maßnahmen zur erneuten Gestaltung / Risikobeherrschung ergreifen																																																																																																																											
	>50 Punkte	Rot	Hohes Risiko: vermeiden; Maßnahmen zur Risikobeherrschung erforderlich																																																																																																																											
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th colspan="6" style="background-color: #333; color: white;">Extrapunkte "Gesamtkörper" (pro Minute / Schicht)</th> <th colspan="2" style="background-color: #333; color: white;">Extrapunkte</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="width: 5%;">0a</td> <td style="width: 25%;">Beeinträchtigung durch Arbeit an sich bewegenden Objekten</td> <td style="width: 10%;">0 keine</td> <td style="width: 10%;">3 mittel</td> <td style="width: 10%;">8 stark</td> <td style="width: 10%;">15 sehr stark</td> <td colspan="4" style="width: 40%;">Belastungshöhe</td> </tr> <tr> <td>0b</td> <td>Zugänglichkeit (z. B. Ein-/Aussteigen in Motorraum)</td> <td>0 gut</td> <td>2 erschwert</td> <td>5 schlecht</td> <td>10 sehr schlecht</td> <td colspan="4">Status</td> </tr> <tr> <td rowspan="3">0c</td> <td rowspan="3">Rückschlagkräfte, Impulse, Schwingungen </td> <td>0 gering</td> <td>1 sichtbar</td> <td>2 stark</td> <td>5 sehr stark</td> <td colspan="4" rowspan="3">Belastungshöhe x Häufigkeit</td> </tr> <tr> <td>0</td> <td>1</td> <td>2,5</td> <td>4</td> <td>6</td> <td>8</td> </tr> <tr> <td>[n]</td> <td>1 - 2</td> <td>4 - 5</td> <td>8 - 10</td> <td>18 - 20</td> <td>> 20</td> </tr> <tr> <td rowspan="4">0d</td> <td rowspan="4">Gelenkstellung (insb. Handgelenk) </td> <td>0 neutral</td> <td>1 ~ 1/3 max</td> <td>3 ~ 2/3 max</td> <td>5 maximal</td> <td colspan="4" rowspan="4">Belastungshöhe x Dauer oder Häufigkeit</td> </tr> <tr> <td>0</td> <td>2</td> <td>2,5</td> <td>4</td> <td>6</td> <td>8</td> </tr> <tr> <td>[sec]</td> <td>3</td> <td>10</td> <td>20</td> <td>40</td> <td>60</td> </tr> <tr> <td>[n]</td> <td>1</td> <td>8</td> <td>11</td> <td>16</td> <td>20</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td>[n]</td> <td>5</td> <td>17</td> <td>33</td> <td>67</td> <td>100</td> <td></td> </tr> <tr> <td>0e</td> <td>Andere körperliche Belastungen (bitte beschreiben)</td> <td>0 keine</td> <td>5 mittel</td> <td>10 stark</td> <td>15 sehr stark</td> <td colspan="4">Belastungshöhe</td> </tr> <tr> <td colspan="2"> Extra = Σ Zeilen 0a – 0e </td> <td colspan="4"> <small>Achtung: Max. Punktzahl = 40 Pkt. (Zeilen 0c, 0d), 15 Pkt (Zeilen 0a, 0e) bzw. 10 Pkt. (Zeile 0b)</small> </td> <td colspan="4"> <small>Achtung: Werte korrigieren, wenn Takt-/Zykluszeit ≠ 60s</small> </td> </tr> <tr> <td colspan="10"> <small>Bitte EAWS Einstufungsanleitung beachten</small> </td> </tr> </tbody> </table>										Extrapunkte "Gesamtkörper" (pro Minute / Schicht)						Extrapunkte		0a	Beeinträchtigung durch Arbeit an sich bewegenden Objekten	0 keine	3 mittel	8 stark	15 sehr stark	Belastungshöhe				0b	Zugänglichkeit (z. B. Ein-/Aussteigen in Motorraum)	0 gut	2 erschwert	5 schlecht	10 sehr schlecht	Status				0c	Rückschlagkräfte, Impulse, Schwingungen	0 gering	1 sichtbar	2 stark	5 sehr stark	Belastungshöhe x Häufigkeit				0	1	2,5	4	6	8	[n]	1 - 2	4 - 5	8 - 10	18 - 20	> 20	0d	Gelenkstellung (insb. Handgelenk)	0 neutral	1 ~ 1/3 max	3 ~ 2/3 max	5 maximal	Belastungshöhe x Dauer oder Häufigkeit				0	2	2,5	4	6	8	[sec]	3	10	20	40	60	[n]	1	8	11	16	20			[n]	5	17	33	67	100		0e	Andere körperliche Belastungen (bitte beschreiben)	0 keine	5 mittel	10 stark	15 sehr stark	Belastungshöhe				Extra = Σ Zeilen 0a – 0e		<small>Achtung: Max. Punktzahl = 40 Pkt. (Zeilen 0c, 0d), 15 Pkt (Zeilen 0a, 0e) bzw. 10 Pkt. (Zeile 0b)</small>				<small>Achtung: Werte korrigieren, wenn Takt-/Zykluszeit ≠ 60s</small>				<small>Bitte EAWS Einstufungsanleitung beachten</small>									
Extrapunkte "Gesamtkörper" (pro Minute / Schicht)						Extrapunkte																																																																																																																								
0a	Beeinträchtigung durch Arbeit an sich bewegenden Objekten	0 keine	3 mittel	8 stark	15 sehr stark	Belastungshöhe																																																																																																																								
0b	Zugänglichkeit (z. B. Ein-/Aussteigen in Motorraum)	0 gut	2 erschwert	5 schlecht	10 sehr schlecht	Status																																																																																																																								
0c	Rückschlagkräfte, Impulse, Schwingungen	0 gering	1 sichtbar	2 stark	5 sehr stark	Belastungshöhe x Häufigkeit																																																																																																																								
		0	1	2,5	4					6	8																																																																																																																			
		[n]	1 - 2	4 - 5	8 - 10					18 - 20	> 20																																																																																																																			
0d	Gelenkstellung (insb. Handgelenk)	0 neutral	1 ~ 1/3 max	3 ~ 2/3 max	5 maximal	Belastungshöhe x Dauer oder Häufigkeit																																																																																																																								
		0	2	2,5	4					6	8																																																																																																																			
		[sec]	3	10	20					40	60																																																																																																																			
		[n]	1	8	11					16	20																																																																																																																			
		[n]	5	17	33	67	100																																																																																																																							
0e	Andere körperliche Belastungen (bitte beschreiben)	0 keine	5 mittel	10 stark	15 sehr stark	Belastungshöhe																																																																																																																								
Extra = Σ Zeilen 0a – 0e		<small>Achtung: Max. Punktzahl = 40 Pkt. (Zeilen 0c, 0d), 15 Pkt (Zeilen 0a, 0e) bzw. 10 Pkt. (Zeile 0b)</small>				<small>Achtung: Werte korrigieren, wenn Takt-/Zykluszeit ≠ 60s</small>																																																																																																																								
<small>Bitte EAWS Einstufungsanleitung beachten</small>																																																																																																																														
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th colspan="3" style="background-color: #333; color: white;">Daten für die Bewertung der repetitiven Tätigkeiten</th> </tr> <tr> <th style="width: 40%;">Beschreibung</th> <th style="width: 20%;">Formel</th> <th style="width: 40%;">Ergebnis</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Tatsächliche Schichtdauer [min]</td> <td> </td> <td> </td> </tr> <tr> <td>Mittagspause [min]</td> <td>-</td> <td> </td> </tr> <tr> <td>Andere offizielle Pausen [min]</td> <td>-</td> <td> </td> </tr> <tr> <td>Nichtrepetitive Tätigkeiten [min] (z. B. Reinigung, Materialbeschaffung, etc.)</td> <td>-</td> <td> </td> </tr> <tr> <td>Nettodauer der repetit. Tätigkeit/en (a) [min]</td> <td>=</td> <td> </td> </tr> <tr> <td>Anzahl an Einheiten (od. Takten/Zyklen) (b)</td> <td> </td> <td> </td> </tr> <tr> <td>Netto-Takt-/Zykluszeit [sec]</td> <td>(a/b x 60) =</td> <td> </td> </tr> <tr> <td>Beobachtete Takt-/Zykluszeit [sec]</td> <td> </td> <td> </td> </tr> </tbody> </table>						Daten für die Bewertung der repetitiven Tätigkeiten			Beschreibung	Formel	Ergebnis	Tatsächliche Schichtdauer [min]			Mittagspause [min]	-		Andere offizielle Pausen [min]	-		Nichtrepetitive Tätigkeiten [min] (z. B. Reinigung, Materialbeschaffung, etc.)	-		Nettodauer der repetit. Tätigkeit/en (a) [min]	=		Anzahl an Einheiten (od. Takten/Zyklen) (b)			Netto-Takt-/Zykluszeit [sec]	(a/b x 60) =		Beobachtete Takt-/Zykluszeit [sec]			<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="background-color: #333; color: white;">Bemerkungen / Verbesserungsvorschläge</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="height: 150px;"> </td> </tr> </tbody> </table>				Bemerkungen / Verbesserungsvorschläge																																																																																						
Daten für die Bewertung der repetitiven Tätigkeiten																																																																																																																														
Beschreibung	Formel	Ergebnis																																																																																																																												
Tatsächliche Schichtdauer [min]																																																																																																																														
Mittagspause [min]	-																																																																																																																													
Andere offizielle Pausen [min]	-																																																																																																																													
Nichtrepetitive Tätigkeiten [min] (z. B. Reinigung, Materialbeschaffung, etc.)	-																																																																																																																													
Nettodauer der repetit. Tätigkeit/en (a) [min]	=																																																																																																																													
Anzahl an Einheiten (od. Takten/Zyklen) (b)																																																																																																																														
Netto-Takt-/Zykluszeit [sec]	(a/b x 60) =																																																																																																																													
Beobachtete Takt-/Zykluszeit [sec]																																																																																																																														
Bemerkungen / Verbesserungsvorschläge																																																																																																																														

Abbildung 32: Deckblatt und Extrapunkte (IAD & AMI, 2012, S. 1)

Ergonomic Assessment Worksheet V1.3.3

Körperstellung / Rumpf- und Armhaltungen (pro Schicht)													Körperhaltung						
(inkl. Lasten <3 kg und Aktionskräfte von 30-40 N) Statische Körperhaltungen >4 sec Hochfrequente Bewegungen: 2 Rumpfbewegungen oder 10 mal Arme heben >60° pro Minute			Bewertung statischer Körperhaltungen und/oder hochfrequenter Bewegungen des Rumpfes/der Arme										Zeilensumme	Asymmetrie					
			Dauer [sec/min] = $\frac{\text{Dauer Körperhaltung(en)} \times 60}{\text{Taktzeit}}$											Rumpf- drehung 1)		Rumpf- neigung 1)		Reichweite (RW) 2)	
			[%] [sec/min] [min/8h]	5 3 24	7,5 4,5 36	10 6 48	15 9 72	20 12 96	27 16 130	33 20 160	50 30 240	67 40 320		83 50 400	Höhe 0-5 Höhe x Dauer	Dauer 0-3 Dauer	Höhe 0-5 Höhe x Dauer	Dauer 0-3 Dauer	Höhe 0-5 Höhe x Dauer
Stehen (und Gehen)																			
1		Stehen & Gehen im Wechsel, Stehen mit Abstützung	0	0	0	0	0,5	1	1	1	1,5	2							
2		Stehen, keine Abstützung (für andere Einschränkungen s. Extrapunkte)	0,7	1	1,5	2	3	4	6	8	11	13							
3		Nach vorn gebeugt (20-60°) Mit geeigneter Abstützung	2	3	5	7	9,5	12	18	23	32	40							
4		Stark gebeugt >60° Mit geeigneter Abstützung	3,3	5	8,5	12	17	21	30	38	51	63							
5		Aufrecht, Ellenbogen auf / über Schulterhöhe	3,3	5	8,5	12	17	21	30	38	51	63							
6		Aufrecht, Hände über Kopfhöhe	5,3	8	14	19	26	33	47	60	80	100							
Sitzen																			
7		Aufrecht mit Rückenstütze, ggf. leicht nach vorne/hinten geneigt	0	0	0	0	0	0,5	1	1,5	2								
8		Aufrecht ohne Rückenstütze (für Einschränkungen s. Extrapunkte)	0	0	0,5	1	1,5	2	3	4	5,5	7							
9		Nach vorn gebeugt	0,7	1	1,5	2	3	4	6	8	11	13							
10		Ellenbogen auf / über Schulterhöhe	2,7	4	7	10	13	16	23	30	40	50							
11		Hände über Kopfhöhe	4	6	10	14	20	25	35	45	60	75							
Sitzen																			
7		Aufrecht mit Rückenstütze, ggf. leicht nach vorne/hinten geneigt	0	0	0	0	0	0,5	1	1,5	2								
8		Aufrecht ohne Rückenstütze (für Einschränkungen s. Extrapunkte)	0	0	0,5	1	1,5	2	3	4	5,5	7							
9		Nach vorn gebeugt	0,7	1	1,5	2	3	4	6	8	11	13							
10		Ellenbogen auf / über Schulterhöhe	2,7	4	7	10	13	16	23	30	40	50							
11		Hände über Kopfhöhe	4	6	10	14	20	25	35	45	60	75							
Knien oder Hocken																			
12		Aufrecht	3,3	5	7	9	12	15	21	27	36	45							
13		Nach vorn gebeugt	4	6	10	14	20	25	35	45	60	75							
14		Ellenbogen auf / über Schulterhöhe	6	9	16	23	33	43	62	80	108	135							
Liegen & Klettern																			
15		(Liegen auf Rücken, Brust oder Seite) Arme über Kopf	6	9	15	21	29	37	53	68	91	113							
16		Klettern	6,7	10	22	33	50	66											
1) Rumpf Höhe leicht mittel stark extrem <10° 15° 25° >30° 0 1,5 2,5 3 nie 4 sec 10 sec 13 sec 0% 6% 15% 20%			2) Reichweite (RW) Höhe Körpernah 60° 80° Arm gestreckt 0 1 1,5 2 nie 4 sec 10 sec 13 sec 0% 6% 15% 20%			Σ		Σ (max.=15)		Σ (max.=15)		Σ (max.=10)		Σ (max.=40)		(a)		(b)	
Achtung: Max. Einstufungsdauer = Taktzeit bzw. Dauer der Tätigkeit oder 100%! Achtung: Werte korrigieren, wenn Takt-/Zykluszeit ≠ 60s																			
Haltung = Σ Zeilen 1 - 16			(a)		+		(b)		=										

Abbildung 33: Körperhaltung (IAD & AMI, 2012, S. 2)

Ergonomic Assessment Worksheet V1.3.3

Aktionskräfte (pro Minute / Schicht)										Kräfte		
17		Fingerkräfte (z. B. Clipse, Stecker)	0	7	15	25	50	Kraftniveau x Dauer oder Häufigkeit	Σ			
			~1/8 F _{max}	~1/3 F _{max}	~1/2 F _{max}	~2/3 F _{max}	F _{max}					
			0	1	1	1,5	2			3,5	7	
			[sec]	3	6	9	12			20	30	
			[n]	5	10	15	20			33	50	
18		Arm-, Ganzkörperkräfte	0	7	15	25	50	Kraftniveau x Dauer oder Häufigkeit	Σ			
			~1/8 F _{max}	~1/3 F _{max}	~1/2 F _{max}	~2/3 F _{max}	F _{max}					
			0	1	1	1,5	2			4	8,5	
			[sec]	3	6	9	12			20	30	
			[n]	5	10	15	20			33	50	
F _{max} Arm-, Ganzkörperkräfte (geschlechtsneutral) P15 für Planungs- u. P40 für Ist-Analysen			ST aufrecht	P15	P40	ST gebeugt	P15	P40	ST über Kopf	P15	P40	Fingerkräfte (geschlechtsneutral)
<p>median plane</p> <p>Daten aus: "Montagespezifischer Kraftatlas" (Wakula, Berg, Schaub, Glitsch, Ellegast 2009), so angepasst, dass geschlechtsneutral</p> <p>Die Punktwerte können sich nach Abschluss des Kraftatlasprojektes ändern</p>			 A 245 315 B 170 210 C 245 315 C 130 155 C 110 155	 A 210 285 B 200 240 B 206 260 B 285 360 C 145 200 C 90 135	 A 230 280 A 285 320 B 160 200 B 255 310 C 105 140 C 100 140	A1 (Umfassungsgriff, Zangengriff: OW 70%) F _{max} P15 P40 150 205 A2 (Kontaktgriff) F _{max} P15 P40 115 155						
			 A 210 270 A 225 280 B 215 260 B 240 325 C 145 195 C 115 160	 A 180 245 A 190 225 B 220 320 B 220 290 C 140 190 C 105 135	 A 225 275 A 265 320 B 210 270 B 220 275 C 130 180 C 130 160	B1 (Zufassungsgriff, Daumenkontaktgriff) F _{max} P15 P40 55 70 B2 (Zeigefinger-Daumen, Zeigefinger) F _{max} P15 P40 40 50						
			 A 205 265 A 245 285 B 215 260 B 205 250 C 120 155 C 110 155	 A 190 250 A 195 245 B 245 295 B 215 275 C 130 175 C 100 135	 A 215 255 A 260 295 B 195 240 B 210 240 C 100 130 C 100 135	C (Daumen auf 2 Finger) F _{max} P15 P40 45 55						

Kräfte = Σ Zeilen 17 – 18

Achtung: Max. Punkte:
350 Zeile 17 | 500 Zeile 18

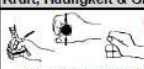


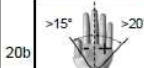






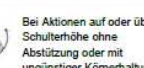
Achtung: Werte korrigieren,
wenn Takt-/Zykluszeit ≠ 60s

=

Manuelles Handhaben von Lasten (pro Schicht)										Lasten							
Lastgewichte [kg] für Umsetzen (Heben / Absetzen), Tragen und Halten sowie Ziehen und Schieben																	
+	Umsetzen, Tragen & Halten	Männer	3	10	15	20	25	30	35	40	>40						
		Frauen	2	5	7	10	12	15	20	25	>25						
		Lastpunkte	1	1,5	2	3	4	5,5	7	8,5	25						
		Ziehen und Schieben	Männer	Karren, Seil-Balancer			<50	75	100	150	200	250					
			Frauen	Transportwagen ohne Bockrollen			<40	60	80	115	155	195					
Ziehen und Schieben	Männer	Transportwagen mit Bockrollen			<50	75	100	150	250	350	550						
	Frauen	Transportwagen mit Bockrollen			<40	60	80	115	195	270	425						
Lastpunkte		Transportmittel		0,5	1	1,5	2	3	4	5	6	8					
Körperhaltung, Position der Last (charakteristische Körperhaltung wählen)																	
+	 Oberkörper aufrecht und nicht verdrehen, Last am Körper	 geringes Rumpfeigen oder -drehen; Last am Körper oder körpernah	 tiefes Beugen oder weites Vorneigen; geringe Vorneigung mit gleichzeitigem Verdrehen des Oberkörpers; Last körperfern o. über Schulterhöhe	 weites Vorneigen und Verdrehen; Last körperfern; eingeschränkte Haltungsverstabilität beim Stehen, Hocken oder Knien													
					Haltungspunkte	1	2	4	8								
					Ausführungsbedingungen (nur bei Ziehen und Schieben von Wagen)												
(+)	sehr geringer Rollwiderstand	Wagen ziehen/schieben auf glattem Boden		auf rauem Boden; über kleine Fugen/Kanten		auf Riffelblech, unebenem Boden oder in/aus LKW		Wagen müssen b. Anfahren losgeriss. werden, stark beschädigter Fahrweg		sehr hoher Rollwider- stand							
		Ausführungspunkte	0-2	3	5	6	8										
Häufigkeit der Lastenhandhabung [# / Schicht], Haltedauer [min] oder Wegstrecke [Meter / Schicht]																	
x	Häufigkeit Umsetzvorgänge / Ziehen & Schieben kurz	5	25	120	350	750	1000	1500	2000	2500	3000						
	Haltedauer [min]	2,5	10	37	90	180	>240										
	Strecke (Tragen, Ziehen & Schieben) [m]	300	650	2500	6500	12000	16000										
	Häufigkeit, Dauer- bzw. Wegpunkte	1	2	4	6	8	10	11	13	14	15						
Manuelles Handhaben von Lasten (Ergebnis)																	
19	(Last + Haltung + (Ausführung)) x (# Dauer o. Distanz)	Umsetzen 1)	(+)	Halten 1)	(+)	Tragen 1)	(+)	Ziehen & Schieben 1)	(+)
		X	=	X	=	X	=	X	=	X	=	X	=				
Lasten = Σ Zeile 19		1) Summe der Häufigkeits-, Zeit- und Wegpunkte für alle Tätigkeiten von Umsetzen, Halten, Tragen, Ziehen und Schieben maximal = 15															

Abbildung 34: Aktionskräfte und manuelle Lastenhandhabung (IAD & AMI, 2012, S. 3)

Ergonomic Assessment Worksheet V1.3.3

Belastung der oberen Extremitäten bei repetitiven Tätigkeiten															Obere Extremitäten												
Kraft, Häufigkeit & Greifbedingungen			Anzahl der realen Aktionen pro Min. bzw. Anteil stat. Aktionen (zu betrachten ist die am meisten belastete Extremität)																								
<div>    </div>			Kraft & Dauer	Greifbedingungen	Relativer Zeitanteil	<div> Sehr lang dauernde stat. Aktionen; Isar 75% Lang dauernde statische Aktionen; Isar 50% Ermüdlicher Umfang stat. Aktionen; ~35% Mittlerer Umfang statischer Aktionen; ~15% Geringer Umfang statischer Aktionen; ~10% Sehr geringer Umfang stat. Aktionen <5% Gute Greifbedingungen Mittlere Greifbedingungen Schlechte Greifbedingungen Armbewegungen selten Langsame Armbewegungen Regelmäßige kurze Unterbrechungen Keine sonderlich schnellen Armbewegungen kurze Unterbrechungen Relativ schnelle Armbewegungen; kurze oder gelegentlich unregelm. Unterbrechungen Schnelle Armbewegungen; gelegentliche und unregelmäßige kurze Pausen Sehr schnelle Armbew. Mangel an Unterbrechungen erschwert Schritt zu halten Sehr hohe Frequenzen; absolut keine Unterbrechungen Noch höhere Frequenzen </div>																					
Kraft [N]			Berechnung stat.	Statische reale Aktionen										Dynamische reale Aktionen					Berechn. dyn.								
			FFS	GS	%	FFGp	≥45	30	20	10	5	3	0	2	4	2, 3, 4	10	15	20	25	30	35	≥40	FFG	%	FFGp	
0 – 5							1	1	0	0	0	0	0	abc			0	0	0	1	2	3	4	7			
> 5 – 20							4	2	1	1	0	0	ab	bc			0	0	1	2	3	4	6	9			
> 20 – 35							7	5	3	2	1	1	ab	b	c		0	1	2	3	4	6	8	12			
> 35 – 90							11	8	5	3	2	1	a	b	b		1	2	3	5	7	9	12	18			
> 90 – 135							16	11	7	4	3	2	a	ab	b		2	3	5	7	9	12	15	24			
> 135 – 225							21	14	10	6	4	3	a	a	b		4	5	6	8	11	14	20	32			
> 225 – 300							28	18	12	8	5	4	a	a	b		5	6	7	9	12	16	26	40			
20a			FFGS = Σ FFGp			FFG = FFGS + FFGD			FFGD = Σ FFGp																		
Hand- / Unterarm- / Schultergelenkstellungen (Zeitanteil der stärksten Belastung von Hand-, Unterarm- oder Schulter)																											
Handgelenk (Flex/Ext, Ull/Rad)			Ellbogen (Sup/Pron, Flex/Ext)			Schulter (Flex/Ext, Abduktion)																					
<div>     </div>			<div>   </div>			<div>   </div>			<div> Bei Aktionen auf oder über Schulterhöhe ohne Abstützung oder mit ungünstiger Körperhaltung Punkte verdreifachen! </div>																		
Hand-/Armhaltungspunkte			10%			25%			33%			50%			65%			85%									
			0			0,5			1			2			3			4									
Zusatzfaktoren																											
Ungeeignete Handschuhe (welche die Handhabung beeinträchtigen) müssen für über die Hälfte der Zeit verwendet werden																											
Arbeitsbewegungen implizieren Rückschläge mindestens 2 Mal pro Minute (z. B. Hämmern, Schlagen auf harter Oberfläche)																											
Arbeitsbewegungen implizieren Rückschläge (Hand wird als Werkzeug benutzt), mindestens 10 Mal pro Stunde																											
Arbeit bei Kälte oder Kühlung/Kühlströmen (unter 0° C), über die Hälfte der Zeit oder mehr																											
Arbeit mit vibrierenden Werkzeugen, über ein Drittel der Zeit oder mehr																											
20c Verwendung von stark vibrierenden Werkzeugen																											
Die verwendeten Werkzeuge verursachen Kompressionen der Haut (Rötungen, Schwielen, Blasen etc.)																											
Präzisionsaufgaben (Aufgaben mit einer räumlichen Genauigkeit von < 2-3 mm), über die Hälfte der Zeit oder mehr																											
Zwei oder mehr Zusatzfaktoren treten gleichzeitig und über die ganze Zeit hinweg auf																											
Zusatzpunkte (den höchsten auftretenden Wert wählen)																											
=																											
Dauer der repetitiven Bewegungen																											
Dauer [h/Schicht]			< 1			1,5			3			5			7			> 8									
Zeitanteilsunkte			1			1,5			3			5			7			10									
Arbeitsorganisation			Arbeitsunterbrechungen jederzeit möglich			Unterbrechungen möglich innerhalb vorgegebener Rahmenbedingungen			Unterbrechungen führen zu Prozessunterbrechung																		
			(i.d.R. Zykluszeit von mehr als 10 min)			(i.d.R. Zykluszeit zwischen 1 und 10 min)			(i.d.R. kürzere Zykluszeit von 1 min)																		
20d Organisationspunkte			0			1			2			3			4			5			6			≥7			
Pausen (≥ 8 min) [#Schicht]			0			1			2			3			4			5			6			≥7			
Pausenpunkte Takt ≤ 30 sec			3			2			1			0			-1			-2			-3			-4			
Takt > 30 sec			0						-0,5						-1			-1,5			-2						
Dauerpunkte																											
Gesamtbewertung der Belastung der oberen Extremitäten bei repetitiven Tätigkeiten																											
20			(a) Fingerpunkte			(b) Hand- / Armhaltungspunkte			(c) Zusatzpunkte			(d) Dauerpunkte			Obere Extremitäten												
			+			+)			x			=												

EAWS form v1.3.3

© IAD and AMI 2012

4/4

Abbildung 35: Kurzzyklische, repetitive Tätigkeiten und obere Extremitäten (IAD & AMI, 2012, S. 4)

Lebenslauf

PERSÖNLICHE DATEN

Geburtsdatum/-ort 21.09.1985 in Erlabrunn

AUSBILDUNG

09/04-05/10 Friedrich-Schiller-Universität, Jena - Abschluss: Diplom-Kauffrau

08/96-07/04 Clemens-Winkler-Gymnasium, Aue - Abschluss: Hochschulreife

BERUFSERFAHRUNG

Arbeitstätigkeit

Seit 06/13 Volkswagen AG, Wolfsburg – Konzern Produktionsergonomie

Promotion

06/10-06/13 Volkswagen AG, Wolfsburg – Konzern Produktionsergonomie
Promotionsthema: Return-on-Investment in der Arbeitswissenschaft: Qualitäts- und Produktivitätsverbesserung durch ergonomische Arbeitsplatzgestaltung

Praktikum

06/09-10/09 SEAT S.A., Martorell (Spanien) - Sistema de Producción, Ingeniería Industrial

01/09-05/09 Volkswagen AG, Wolfsburg - Industrial Engineering, Fachbereich Ergonomie

03/08-07/08 Continental Automotive GmbH, Regensburg - Marketingkommunikation und strategische Planung, Business Development

Studentische Hilfskraft

11/09-05/10 Friedrich-Schiller-Universität Jena - Graduiertenschule

11/06-12/08 Friedrich-Schiller-Universität Jena - Lehrstuhl für Makroökonomik

07/08-09/08 Continental Automotive GmbH, Regensburg - Personalwesen Standortleitung

09/07-10/07 Friedrich-Schiller-Universität Jena - Lehrstuhl für Internationales Management